UNA GUÍA PASO A PASO

MANUAL DE AIRE ACONDICIONADO

- Sistemas de calefacción y enfriamiento
- Limpieza y calidad del aire
- Sistemas de control en casa y automóvil










Colección
CÓMO HACER BIEN Y FÁCILMENTE

Es una extensa colección de manuales de consulta práctica, creada para auxiliar a la familia en la resolución rápida y sencilla de los problemas que surgen repentinamente en el hogar; al estudiante técnico en sus trabajos escolares y, sobre todo, a aquellas personas que buscan la superación personal a través del aprendizaje de algún oficio.

Este conjunto de obras abarca actividades como plomería, albañilería, electricidad, carpintería, tapicería, fruticultura, corte de pelo y muchas otras.

Textos breves, precisos y accesibles, así como una gran cantidad de fotografías, ilustraciones, diagramas y esquemas, se complementan para guiar al lector, paso a paso, hacia la adquisición de los conocimientos que le permitirán desarrollar las habilidades propias del dominio de una actividad determinada.

Cómo hacer bien y fácilmente es la opción más viable que tenemos todos para contribuir con nuestros propios recursos al mejoramiento de la economía familiar y personal, ya que nos brinda la oportunidad de iniciarnos en un trabajo que puede llegar a convertirse en una fuente de ingresos permanente.



UNA GUÍA PASO A PASO

MANUAL DE AIRE ACONDICIONADO



Coordinación: **Shanti Lesur**





Textos
Shanti Lesur

Con la colaboración de
Miguel Ángel
Saloma Guerrero

Fotografía
Shutterstock®
Luis Lesur

Ilustraciones
Miguel Ángel Saloma Guerrero

Catalogación en la fuente

Lesur Shanti
Manual de aire acondicionado : una guía paso a paso. -- México : Trillas, 2020.
70 p. : il. col. ; 27 cm. -- (Cómo hacer bien y fácilmente)
ISBN 978-607-17-4050-2

1. Aire acondicionado - Manuales, etc. I. t.

D- 644.5'L173m LC- TH7688.H6'L4.5

División Administrativa,
Av. Río Churubusco 385,
Col. General. Pedro María Anaya,
C. P. 03340, Ciudad de México
Tels. 56884233, 56884007
churubusco@trillas.mx

División Logística,
Calzada de la Viga 1132,
C. P. 09439,
Ciudad de México
Tels. 56330995, 56331122
laviga@trillas.mx

Tienda en línea
www.etrillas.mx

Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana, reg. núm. 158

Primera edición, agosto 2020
ISBN 978-607-17-4050-2

Impreso en México
Printed in Mexico

Índice de contenido



Introducción

En los últimos años, la demanda de equipos de aire acondicionado ha aumentado considerablemente, debido al cambio climático que estamos experimentando: los veranos son cada vez más calurosos; y los inviernos, más fríos. Por ello, la gente está comenzando a pensar en el acondicionamiento de sus espacios como una necesidad y no sólo como una comodidad y un lujo.

El aire acondicionado se utiliza en espacios diversos, como casas y oficinas, automóviles y otros medios de transporte, tiendas departamentales, cines y teatros, restaurantes, centros de entretenimiento y bares, fábricas y bodegas, etcétera.



Además de enfriar y calentar una casa, el acondicionamiento del aire responde a distintas necesidades. Por ejemplo, controlar el clima en algunas plantas industriales ayuda a evitar que ciertos procesos de fabricación se suspendan durante las estaciones secas o húmedas.

En las imprentas se debe mantener una temperatura y humedad constantes para impedir que el papel cambie de tamaño mientras se imprime con varias tintas. En las fábricas de textiles se requiere una atmósfera con un grado de humedad relativamente alto. En la elaboración industrial de algunos productos químicos o de ciertos medicamentos es necesario disminuir la humedad relativa para evitar que sea absorbida por las sustancias.

El objetivo de este manual es introducir al lector en el tema del aire acondicionado, es decir, en el proceso que permite controlar la temperatura y la humedad dentro de espacios cerrados, como casas y otras edificaciones. En las siguientes páginas se incluye información relacionada con los diferentes sistemas de acondicionamiento, sus aplicaciones, componentes y características principales. Se hablará de equipos de enfriamiento, calentamiento, humidificación y filtrado; sistemas automatizados, equipos amigables con el medio ambiente y sistemas pasivos, además del acondicionamiento de aire en automóviles.

Este libro se dirige a todas las personas interesadas en conocer los principios básicos del acondicionamiento del aire, los equipos que hoy están disponibles en el mercado, su funcionamiento y las principales indicaciones sobre su cuidado. La información que aquí se ofrece también puede ser de utilidad para todos los técnicos que comienzan a ejercer su oficio o que aún están en formación.



Capítulo 1

Aire acondicionado

Aire acondicionado es el nombre que reciben los aparatos o sistemas cuya función es variar las condiciones de temperatura, humedad, flujo y composición del aire para cubrir ciertas necesidades en un ambiente generalmente cerrado.

La necesidad de acondicionar el aire de un espacio cerrado, como casas y otras edificaciones, responde a tres factores principales:

- El clima local.
- El diseño arquitectónico del inmueble.
- La actividad que se realiza en su interior.

Por una parte, la combinación del clima local con el diseño arquitectónico determina el ambiente que habrá dentro del inmueble a lo largo del año. Por la otra, la actividad que se realiza en su interior define la necesidad de alterar dicho ambiente, sobre todo en los periodos de temperaturas extremas, ya sea para calentar, enfriar, ajustar la humedad, limpiar o circular el aire.



ANTECEDENTES

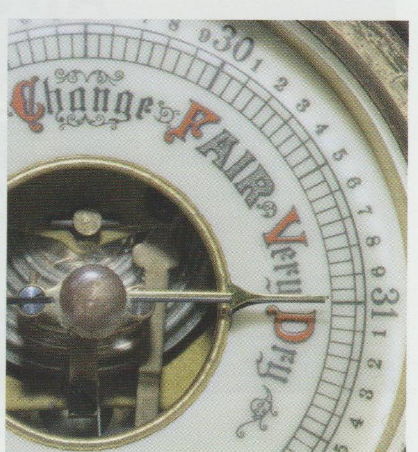
Previo a la invención de los aparatos modernos de aire acondicionado, algunas culturas alrededor del mundo utilizaban diversos métodos de enfriamiento y calentamiento; unos muy simples y otros complejos en extremo. La utilización del fuego para calentar es, quizá, el método más antiguo y extendido en el mundo para acondicionar un ambiente frío y hacerlo más confortable.



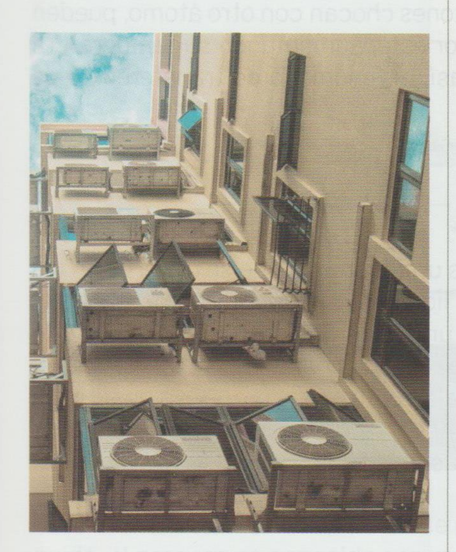
En contraparte, en lugares donde hace mucho calor, las primeras formas de enfriamiento ambiental –documentadas principalmente en textos chinos, romanos, griegos y árabes– consistían en transportar grandes cantidades de hielo desde montañas o lugares lejanos para enfriar las habitaciones de los palacios. La utilización del hielo como refrigerante ambiental se extendió hasta mediados del siglo XIX, al grado que existían navieras especializadas en transportar miles de toneladas de hielo desde las regiones frías del mundo hasta las zonas más cálidas.

Ya para 1842, el físico británico William Thomson, conocido como Lord Kelvin, inventó un circuito hermético de refrigeración basado en la capacidad de un gas para absorber y disipar el calor al cambiar de fase, es decir, al pasar del estado gaseoso al líquido, y viceversa.

Sesenta años más tarde, en 1902, el estadounidense William H. Carrier utilizó el mismo principio para construir un aparato innovador que eliminaba la humedad ambiental de un taller de impresión en Brooklyn, Nueva York. Casi 20 años después patentó una máquina para enfriar el ambiente, que se popularizó con rapidez en tiendas departamentales y salas de cine. Para 1928, Carrier logró desarrollar un equipo de aire acondicionado para uso doméstico, que enfriaba, calentaba, limpiaba y hacía circular el aire.

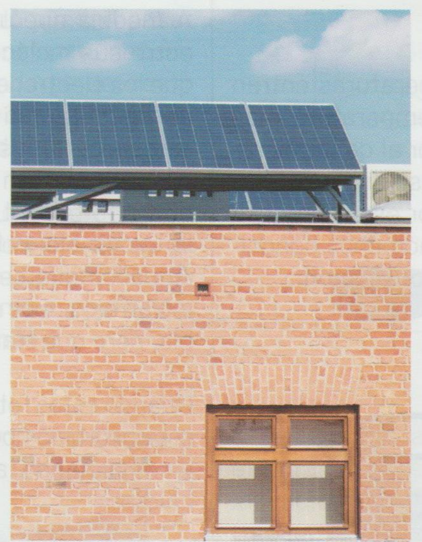


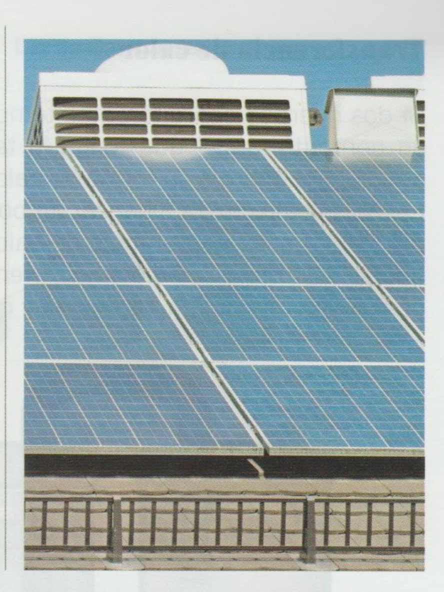
A partir de la segunda mitad del siglo XX, la industria creció hasta colocar sistemas de acondicionamiento en la mayoría de fábricas, hospitales, oficinas, aeropuertos, hoteles y millones de viviendas en todo el mundo. En lo que va del siglo XXI, el aire acondicionado se ha popularizado en casas-habitación, pues se ha vuelto más accesible en términos de costo, instalación y tamaño.



Hoy en el mercado se ofrecen equipos de múltiples capacidades y niveles de eficiencia. En general, los más económicos son menos eficientes, consumen más energía y, a largo plazo, son más caros, porque el ahorro en los equipos termina siendo fácilmente superado por el costo energético y ambiental que implica.

En respuesta a la creciente demanda de tecnología amigable con el medio ambiente, comenzaron a aparecer en el mercado aparatos para el acondicionamiento del aire que utilizan energías limpias y renovables, como la energía solar y la geotérmica. Asimismo, con mayor frecuencia se utilizan métodos pasivos que pueden reducir considerablemente el gasto de energía y los costos de operación de los sistemas de acondicionamiento de aire, aunque muchos de ellos deben implantarse durante la construcción del inmueble.





Los métodos pasivos son todos aquellos que no requieren suministros de energía externa, sino que aprovechan las características propias de los materiales de construcción, las brisas y los vientos predominantes de la región, la orientación del edificio con respecto al sol, etcétera.



Para poder entender el funcionamiento de un sistema de aire acondicionado es necesario conocer algunos principios de termodinámica.

PRINCIPIOS TERMODINÁMICOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR Y CAMBIOS DE FASE

Los sistemas de acondicionamiento de aire se basan en cuatro principios termodinámicos:

1. Transferencia de calor
2. Cambio de fase
3. Ley de Gay-Lussac
4. Influencia de la temperatura en la humedad relativa (HR) a presión constante

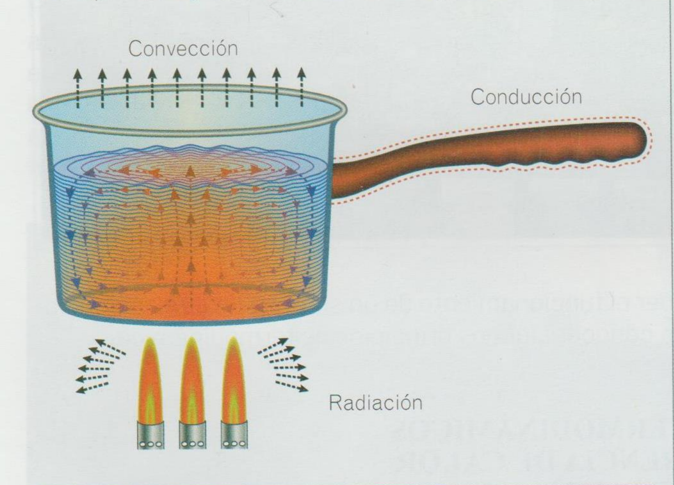
Transferencia de calor

Si dos cuerpos con diferentes temperaturas entran en contacto, aquel que tenga la temperatura más alta cederá energía en forma de calor al de temperatura más baja, hasta alcanzar ambos la misma temperatura. Esta transferencia de calor es un proceso que se realiza por medio de tres fenómenos conocidos como **conducción, radiación** y **convección.**



Conducción

La conducción es, básicamente, la transmisión de energía de una molécula a otra por colisión. Cuando la temperatura de las moléculas es elevada, éstas se mueven o vibran con mayor energía. Por tanto, cuando una molécula choca contra otra de menor temperatura, le transfiere parte de esa energía, con lo cual se genera un flujo de calor que disminuye la temperatura de la primera y aumenta la de la segunda.



Los metales son los mejores conductores de calor por conducción.

Radiación

La radiación es otra forma en que se transmite la energía en forma de calor. Consiste en la emisión de ondas electromagnéticas o de fotones de luz infrarroja.

A medida que un material se calienta, los choques entre sus moléculas se tornan más violentos; tanto que los electrones de sus átomos pueden "saltar" por un instante a niveles de energía más altos. Cuando estos electrones regresan a su lugar, emiten la energía sobrante en forma de radiación electromagnética o fotones. Los fotones de alta energía generan la luz visible, como en una bombilla incandescente. Aquellos que se emiten con menor energía son los infrarrojos, que no podemos observar como luz visible, pero que transportan el calor.

Cuando estos fotones chocan con otro átomo, pueden ser absorbidos por éste, aumentando su temperatura y completando, así, el fenómeno de transferencia de calor.

Convección

La convección es un fenómeno que se observa en los fluidos, ya sean líquidos o gases. El aumento en la temperatura de un fluido acelera el movimiento de sus moléculas, las cuales chocan entre sí y se alejan de la fuente de calor, con lo cual producen un flujo de materia que transporta el calor de las zonas más calientes hacia las más frías.

Cambio de fase

Se denomina cambio de fase al proceso de transición de un estado de la materia a otro, por ejemplo, de sólido a líquido y de líquido a gas, o viceversa. Estos cambios ocurren cuando se modifican, en cierto grado, la temperatura y la presión a las que se encuentran los materiales.

En fase gaseosa, las moléculas se encuentran muy separadas entre sí y flotan libremente casi sin interactuar entre ellas. En cambio, cuando están en estado líquido, se encuentran tan cercanas que se unen unas con otras formando un cuerpo.



Para que las moléculas de un líquido puedan pasar al estado gaseoso a una presión constante, necesitan suficiente energía para desprenderse del resto de las moléculas. Esta energía para cambiar de fase la obtienen absorbiendo calor del medio que las rodea.

Cuando la presión es constante, los cambios de fase se asocian directamente con una transferencia de calor. Por ejemplo, para que un líquido cambie a estado gaseoso, proceso que se conoce como evaporación, es necesario que absorba calor del medio.

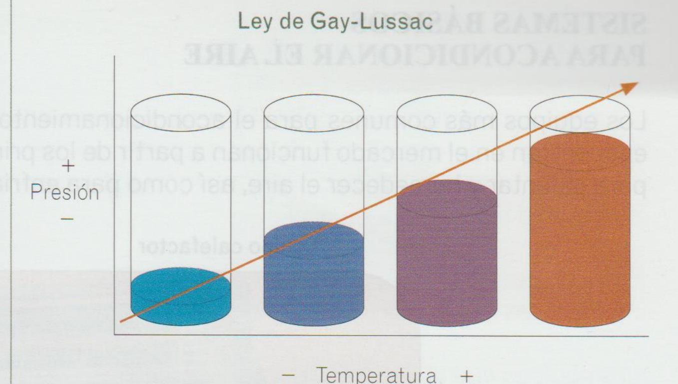


Por el contrario, si pasa de una fase gaseosa a una líquida, el proceso es conocido como condensación: el material cede calor al medio o a la superficie, sobre la cual se condensa formando gotas.



Ley de Gay-Lussac

La presión que genera un fluido dentro de un contenedor sólido, cerrado y de volumen constante (es decir, con cierta capacidad que no cambia) es una medida de la cantidad y fuerza con que sus moléculas chocan contra las paredes del contenedor.



Si se aumenta la temperatura del fluido, la presión se elevará de manera proporcional. Esto es debido a que las moléculas chocan con mayor fuerza y con mayor frecuencia entre sí y también contra las paredes del contenedor.

Si, por el contrario, enfriamos el contenedor, las moléculas del fluido perderán energía y chocarán menos y a menor velocidad contra el contenedor, disminuyendo la presión dentro de éste.

Esto significa que, a un volumen constante, la presión y la temperatura de un fluido aumentan o disminuyen proporcionalmente.

Asimismo, si se inyecta más fluido dentro del mismo volumen, la presión aumentará y la temperatura del fluido se elevará de manera proporcional.

Influencia de la temperatura en la humedad relativa a presión constante

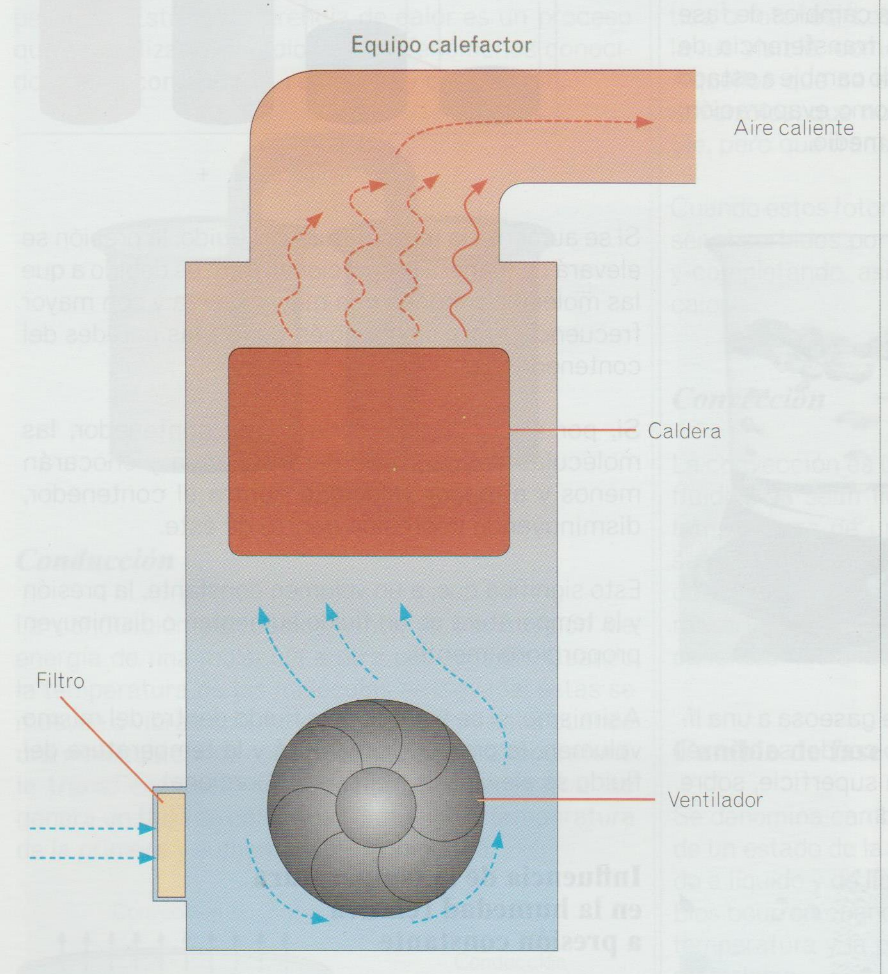
A una presión constante, la capacidad del aire para retener vapor de agua aumenta o disminuye proporcionalmente con su temperatura, lo que significa que el aire caliente puede contener una mayor cantidad de vapor de agua que el aire frío.

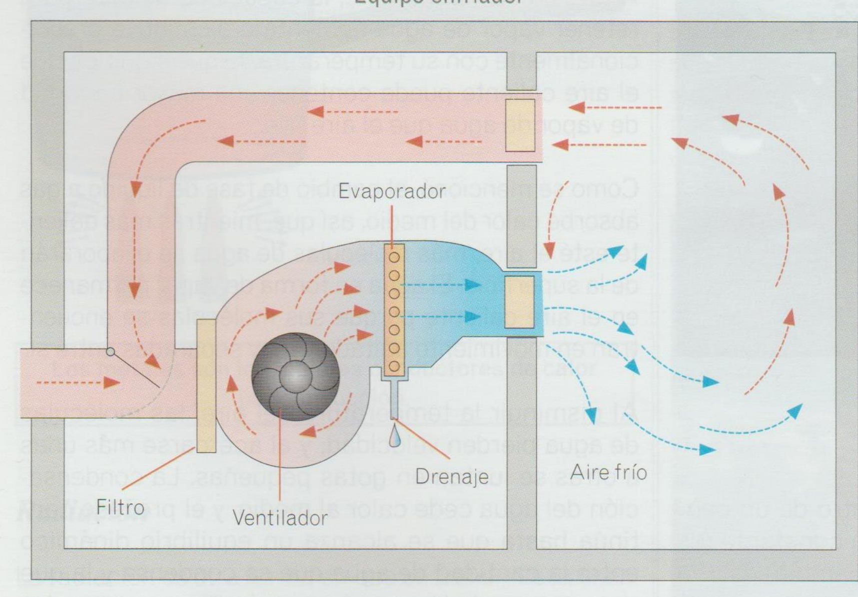
Como se mencionó, el cambio de fase de líquido a gas absorbe calor del medio, así que, mientras más caliente esté el aire, más moléculas de agua se evaporarán de la superficie. El agua en forma de vapor permanece en el aire caliente porque sus moléculas se encuentran en movimiento agitado y muy separadas entre sí.

Al disminuir la temperatura del aire, las moléculas de agua pierden velocidad, y al acercarse más unas a otras se juntan en gotas pequeñas. La condensación del agua cede calor al medio, y el proceso continúa hasta que se alcanza un equilibrio dinámico entre la cantidad de agua que se condensa y la que se evapora a la temperatura en la que se encuentre el aire.

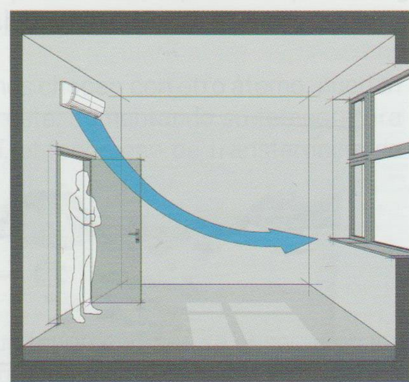
SISTEMAS BÁSICOS PARA ACONDICIONAR EL AIRE

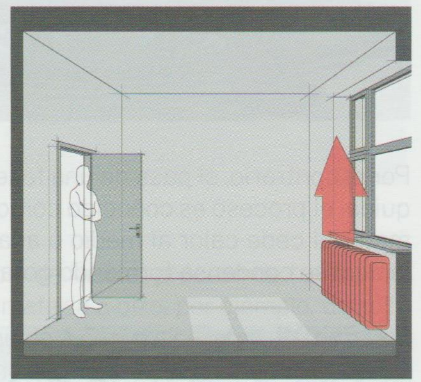
Los equipos más comunes para el acondicionamiento del aire que se encuentran en el mercado funcionan a partir de los principios ya vistos para calentar y humedecer el aire, así como para enfriarlo y secarlo.



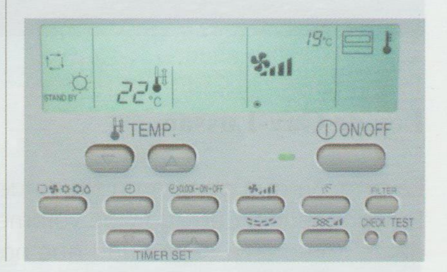


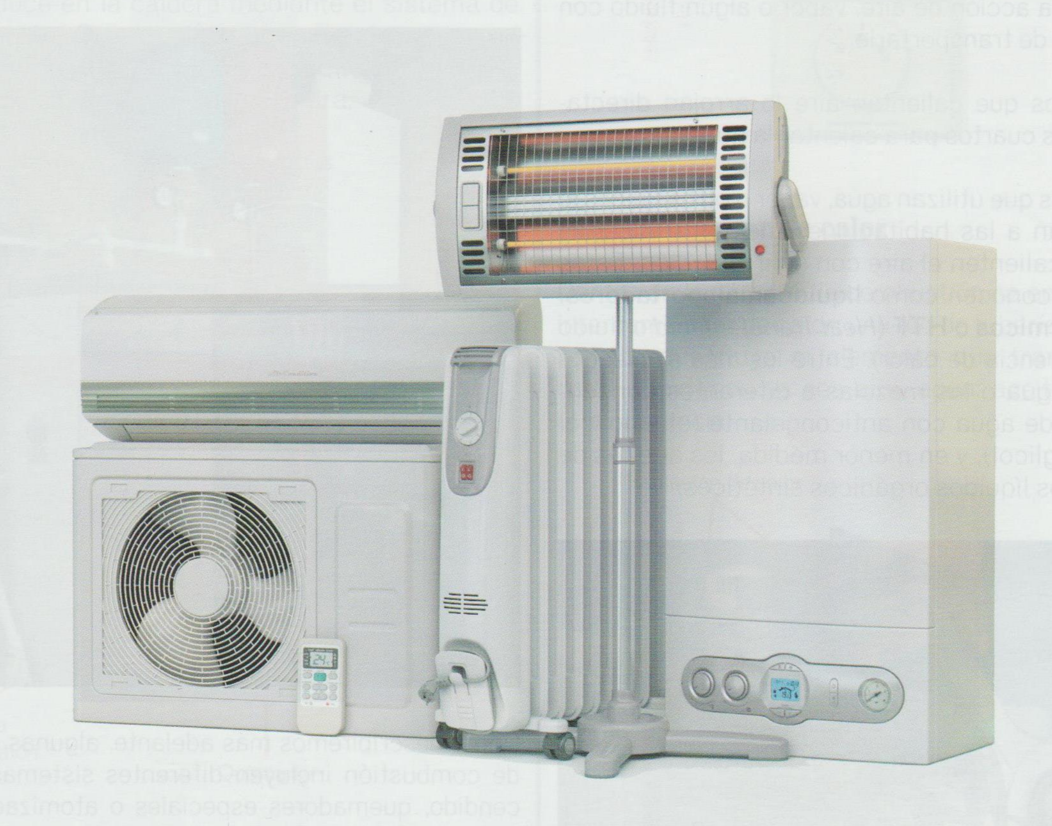
Es frecuente que la mayoría de los equipos hagan sólo una parte del trabajo, ya sea enfriar y deshumidificar, o calentar y humedecer. Aquellos sistemas que ejecutan varias funciones de manera automática, como controlar el calor, el frío, la humedad, la limpieza y la circulación, no son tan comunes.





Algunos sistemas de aire acondicionado requieren una programación manual de sus funciones; en otros, una parte de su operación es automática y otra manual. Los equipos modernos más populares se programan de manera automática. A lo largo de este manual se describirán a detalle los distintos sistemas y el funcionamiento de los equipos.





Capítulo 2

Sistemas calefactores

Los calentadores, calefactores o equipos que elevan la temperatura de la atmósfera se clasifican en dos variantes principales: según el modo en que circula el calor y de acuerdo con el tipo de energía que utilizan en su operación.

SEGÚN EL MODO EN QUE CIRCULA EL CALOR

La primera clasificación depende de la manera en que el calor se distribuye por las tuberías, ya sea mediante la acción de aire, vapor o algún fluido con capacidad de transportarlo.

Los equipos que calientan aire lo arrojan directamente a los cuartos para calentar la atmósfera.

Los equipos que utilizan agua, vapor u otros fluidos lo transportan a las habitaciones mediante tuberías para que calienten el aire con su irradiación. Estos fluidos se conocen como **líquidos caloportadores**, **fluidos térmicos** o **HTF** (*Heat Transfer Fluid* o fluido de transferencia de calor). Entre los más empleados están el agua o las mezclas a diferentes concentraciones de agua con anticongelante (etilenglicol o propilenglicol), y en menor medida, los aceites de silicón y los líquidos orgánicos sintéticos.



Los equipos que utilizan aire o vapor pueden funcionar de manera natural, es decir, permitiendo que éstos fluyan a través de las tuberías por convección y gravedad, o usar un ventilador para forzar la circulación.

Los equipos que utilizan líquidos caloportadores funcionan siempre con la ayuda de una bomba que impulsa los líquidos a través de las tuberías.

SEGÚN EL TIPO DE ENERGÍA QUE UTILIZAN

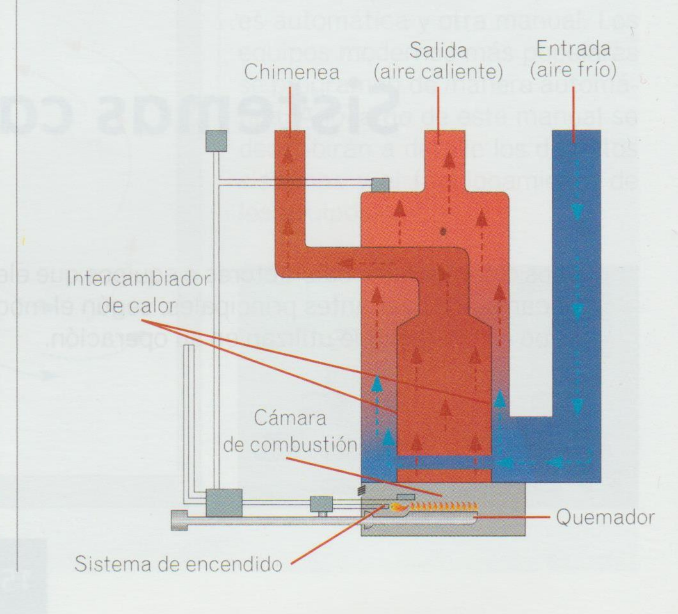
Dentro de la segunda clasificación están los calentadores de combustión o calderas que utilizan algún combustible para calentar, como gas, diésel, aceite o biomasa, además de los equipos que funcionan con electricidad, los sistemas solares y, finalmente, los que emplean energía geotérmica.

EQUIPOS DE COMBUSTIÓN

Los calentadores más comunes son las calderas de combustión, que suelen ser automáticas, silenciosas y muy seguras.

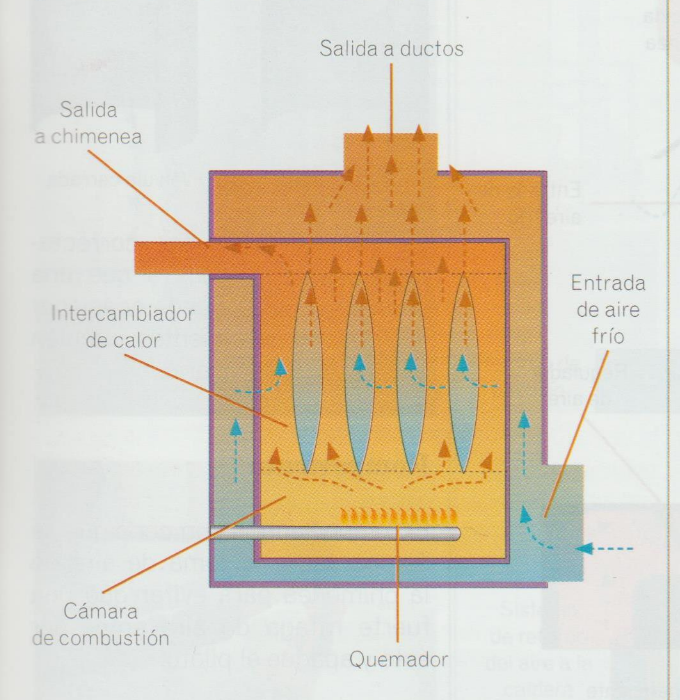


Como describiremos más adelante, algunas calderas de combustión incluyen diferentes sistemas de encendido, quemadores especiales o atomizadores de combustible, pero todas básicamente se componen de un sistema de alimentación de combustible, un quemador, una cámara de combustión, un intercambiador de calor, una chimenea o conducto por donde se arrojan los gases resultantes de la combustión, y una red de tuberías o ductos que distribuyen el calor a las habitaciones mediante aire, vapor o líquidos caloportadores, los cuales son devueltos por la misma vía a la caldera para recalentarse.



Generación del calor

El calor producido por la caldera se genera al quemar un combustible dentro de la cámara de combustión. El combustible, ya sea gas, diésel o biomasa, se introduce en la caldera mediante el sistema de alimentación. Cuando llega al quemador, entra en contacto con una chispa o flama que lo enciende, generando calor dentro de la cámara.



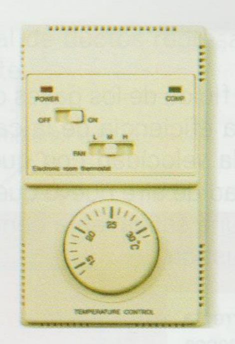
La cámara debe tener una entrada de aire fresco que proporcione el oxígeno necesario para la combustión, y una salida o chimenea para expulsar los gases resultantes.

La cámara de combustión debe ser hermética y a prueba de fugas para asegurar que los gases tóxicos salgan al exterior del edificio por la chimenea y no penetren en el sistema de aire acondicionado ni en las habitaciones.

El calor generado en la caldera se transmite a un fluido caloportador mediante el intercambiador de calor.

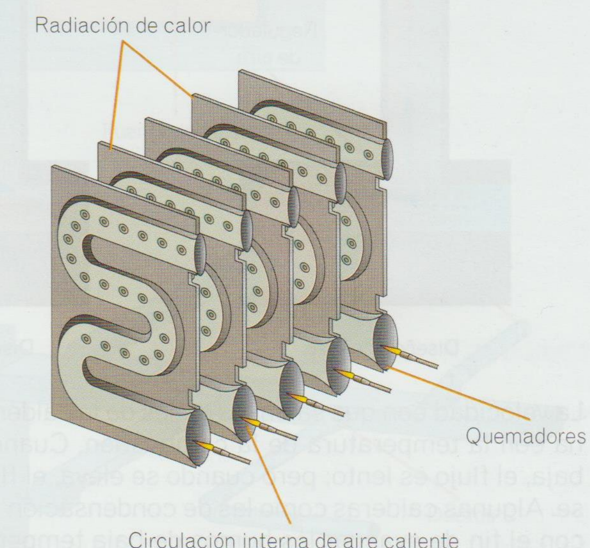
Termostato

El termostato es el dispositivo que se encarga de regular la temperatura ambiental en los cuartos para que se mantenga dentro de los límites de confort. Su función es encender y apagar la caldera cuando sus sensores en los cuartos marcan temperaturas por debajo o por encima de un rango determinado. En algunos casos el termostato también enciende y apaga las bombas o los ventiladores que hacen circular el fluido caloportador a las habitaciones.



Intercambiador de calor

Dentro de la cámara de combustión se encuentra el intercambiador de calor: una red de tuberías o ductos por los que fluye el elemento que transporta el calor al exterior, ya sea aire, agua, aceite, vapor u otra sustancia.



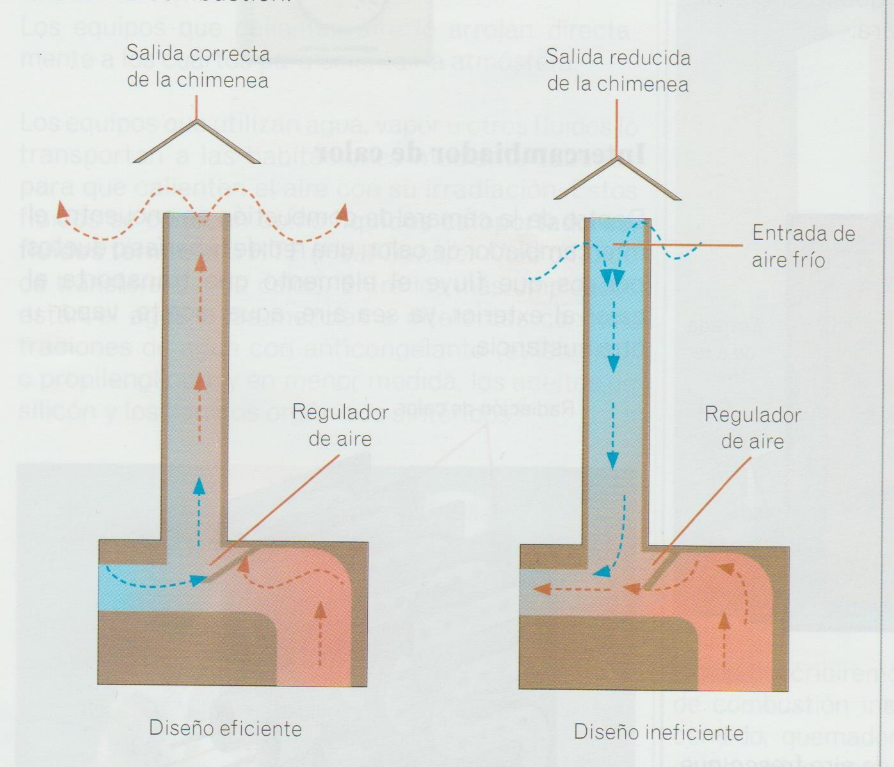
Al encender la caldera, se calientan las tuberías del intercambiador y el fluido caloportador que éstas llevan dentro. El fluido sale del intercambiador de calor y sigue su camino a través de los ductos de distribución hacia las diferentes áreas que se van a calentar, donde cederá parte de su calor antes de regresar a la caldera para calentarse nuevamente.

Las tuberías del intercambiador de calor son generalmente fabricadas de acero al carbón, acero inoxidable, cobre u otras aleaciones metálicas, pues deben ser resistentes a la corrosión o contar con recubrimientos anticorrosivos, sobre todo aquellas tuberías que transportan agua o vapor.

Los ductos internos del intercambiador de calor se disponen de distintas maneras, casi siempre en forma de serpentines o redes, para lograr un máximo rendimiento de intercambio y evitar que la energía calórica se fugue por la chimenea o el conducto de salida.

Chimenea

Una circulación fluida de los gases de combustión a través de la chimenea influye en la eficiencia de la caldera básicamente de dos formas. Por una parte, la velocidad con que salen los gases por la chimenea afecta la cantidad de aire nuevo que entra a la caldera para la combustión. Así, tanto una salida lenta como una demasiado acelerada empobrecen la combustión.



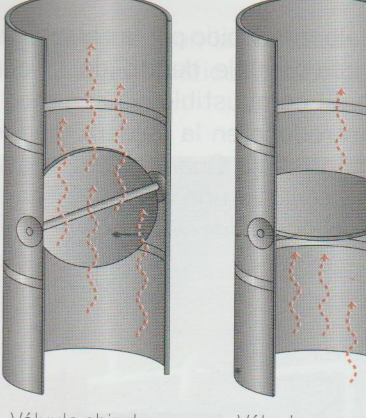
La velocidad con que salen los gases de la caldera también se relaciona con la temperatura de la combustión. Cuando la temperatura es baja, el flujo es lento; pero cuando se eleva, el flujo tiende a acelerarse. Algunas calderas como las de condensación utilizan un ventilador con el fin de evacuar los humos de baja temperatura y mantener un flujo de aire constante para la correcta combustión.

Por otra parte, existe una pérdida de calor. Si la circulación es muy rápida, se reduce el tiempo de contacto con el intercambiador de calor y la transferencia es baja, así que gran parte del calor se va al exterior y se desperdicia. Hay calderas con diseños poco eficientes en las que el tubo de la chimenea alcanza temperaturas de 260 a 360 °C, lo cual representa una pérdida de calor de entre 30 y 40 por ciento.

En cambio, un buen diseño de caldera permite un mayor aprovechamiento del calor generado, con una pérdida menor que fluctúa entre 4 y 15 %. Además, se reduce la contaminación ambiental en forma significativa.

Regulador de válvula

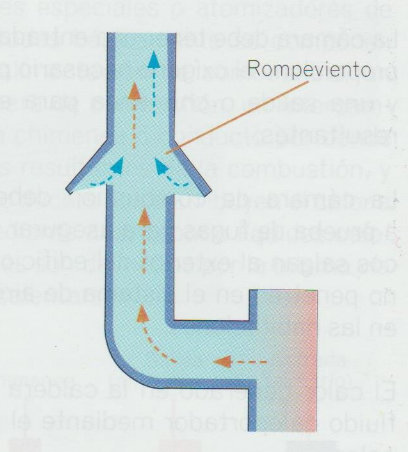
Para mantener la presión y la temperatura constantes y asegurar con ello una buena combustión, se utiliza en la chimenea un regulador de válvula, que se cierra al reducirse el flujo de aire y se abre cuando la corriente aumenta.



Es importante ubicar correctamente el regulador, ya que una mala colocación puede ocasionar que los gases calientes circulen en el sentido contrario.

Rompeviento

El rompeviento es un cono que se coloca sobre la toma de aire de la chimenea para evitar que una fuerte ráfaga de aire entre por ésta y apague el piloto.



Capacidad de calderas y ductos

Es importante que haya correspondencia entre las capacidades de la caldera y de las tuberías o ductos que conducen el elemento caloportador. Cuando los ductos son de menor capacidad, la caldera aumenta la fricción entre el fluido y las paredes, reduciéndose considerablemente el flujo.

En contraparte, si su capacidad es mayor, el esfuerzo de las bombas o ventiladores se diluye y no logra el impulso necesario para que el calor circule.

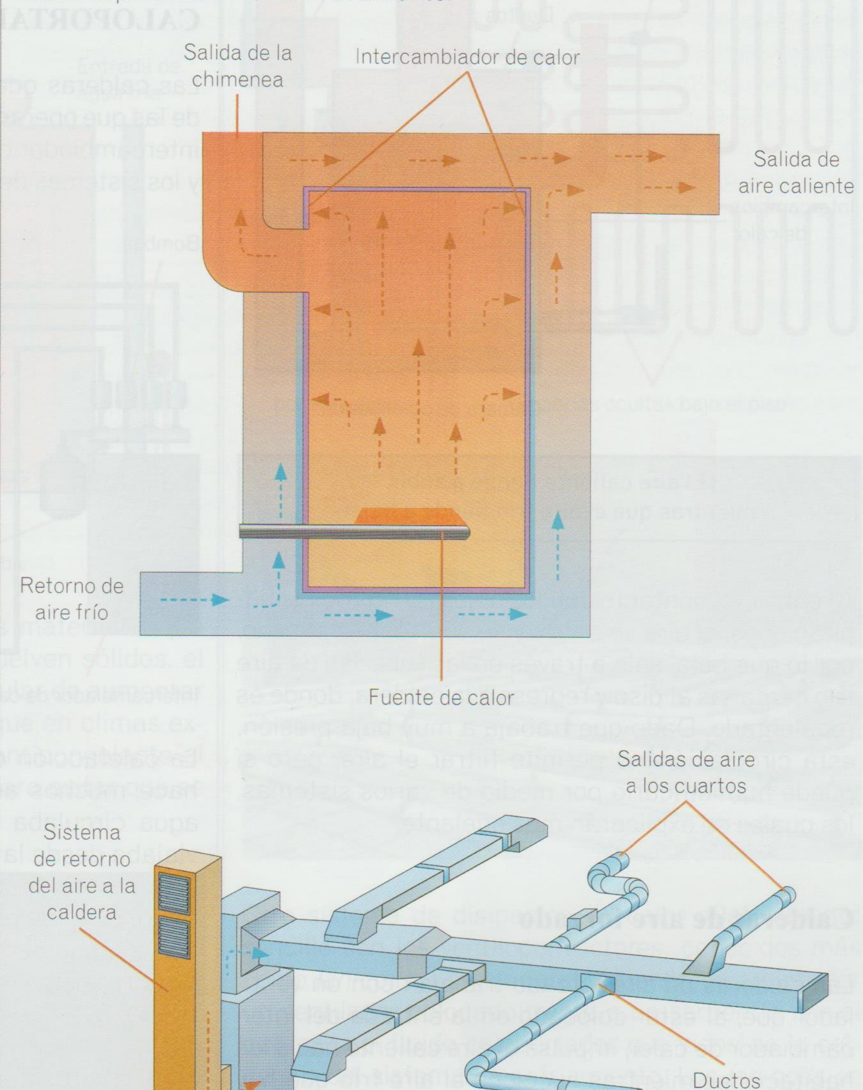




CALDERAS QUE TRABAJAN CON AIRE

Este tipo de calderas cuentan con una red de ductos amplios para la circulación de este gas, el cual se calienta cuando pasa por el intercambiador de calor y fluye de modo natural (por convección) hacia arriba, o puede circularse a las habitaciones forzándolo con un ventilador. El aire contaminado que resulta de la combustión sale por una chimenea y no se mezcla con el aire climatizado.

Por un lado, los ductos que transportan el aire caliente salen del intercambiador de calor en la cámara de combustión hacia las áreas que requieren climatización, y deben tener la capacidad suficiente para que el aire caliente llegue a los lugares deseados. Por otro lado, un sistema adicional de ductos regresa el aire frío a la caldera para calentarlo nuevamente.

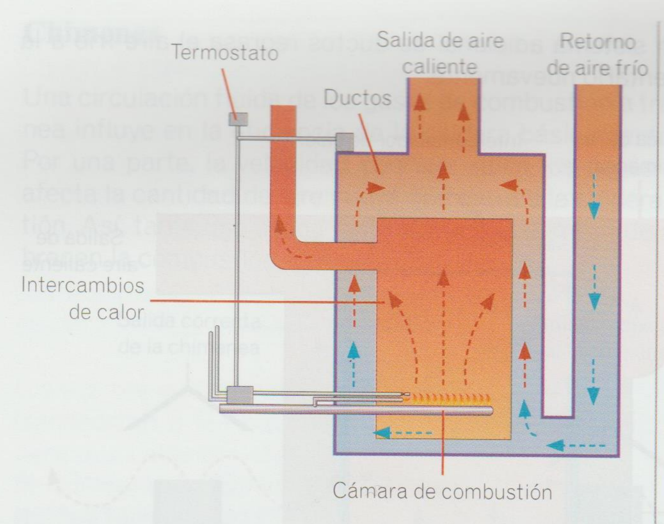


A lo largo de su camino, el aire puede humidificarse antes de llegar a las salidas. Si el sistema cuenta con circulación forzada, el aire también puede filtrarse antes de entrar de nuevo a la caldera. Ambos procesos se detallan más adelante.

Independientemente de si las calderas de aire utilizan ventilación forzada o no, los ductos deben limpiarse con la ayuda de un equipo especial por lo menos cada cinco años, ya que suelen acumular polvo e impurezas con el uso.

Calderas de aire por gravedad

Las calderas que trabajan con aire por gravedad se basan en el principio de que el aire caliente es más ligero que el frío; esto genera un flujo de aire caliente que sube, llamado corriente de convección ascendente. El aire caliente sale de la cámara de combustión y, al ser más ligero, se eleva hasta la salida de las tuberías cerca del techo para calentar los cuartos.

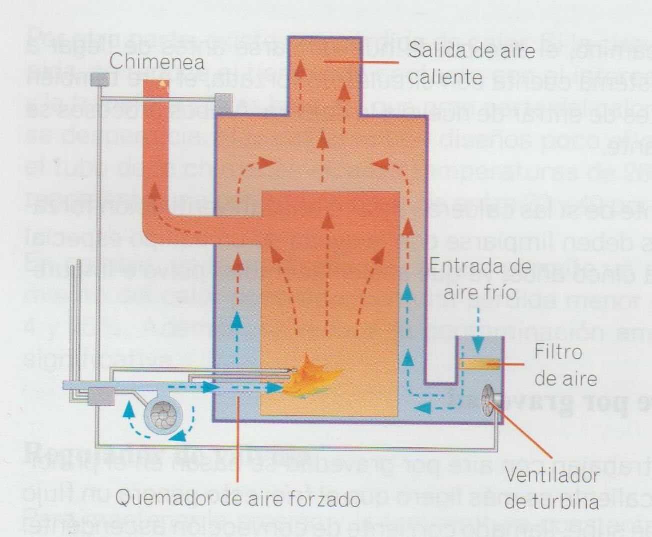


El aire caliente tiende a subir, mientras que el aire frío tiende a bajar.

Al entrar en contacto con los objetos fríos de las habitaciones, el aire se enfría y se vuelve más pesado, por lo que baja, sale a través de las tuberías de aire frío cercanas al piso y regresa a la caldera, donde es recalentado. Dado que trabaja a muy baja presión, esta circulación no permite filtrar el aire, pero sí puede humidificarlo por medio de varios sistemas, los cuales se explicarán más adelante.

Calderas de aire forzado

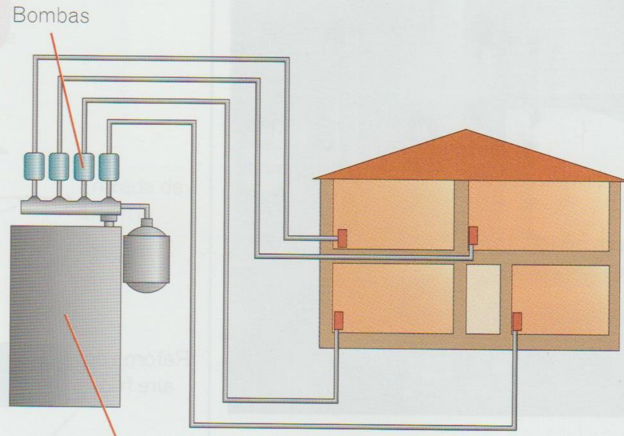
Las calderas de aire forzado trabajan con un ventilador que, al estar colocado en la entrada del intercambiador de calor, impulsa el aire caliente hacia las habitaciones mientras succiona el aire frío que hay en las mismas; en general, los ventiladores operan con dos velocidades.



La diferencia de presión generada por el ventilador permite pasar el aire frío a través de un filtro para eliminar partículas, antes de introducirlo en la caldera.

CALDERAS QUE TRABAJAN CON AGUA Y FLUIDOS CALOPORTADORES

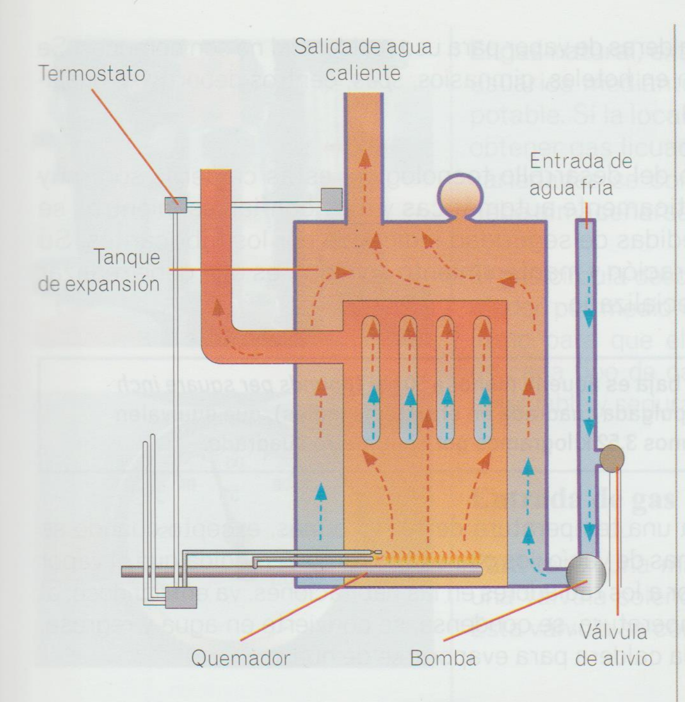
Las calderas que trabajan con agua se diferencian de las que operan con aire básicamente por el tipo de intercambiador de calor, las tuberías de distribución y los sistemas de válvulas de seguridad.



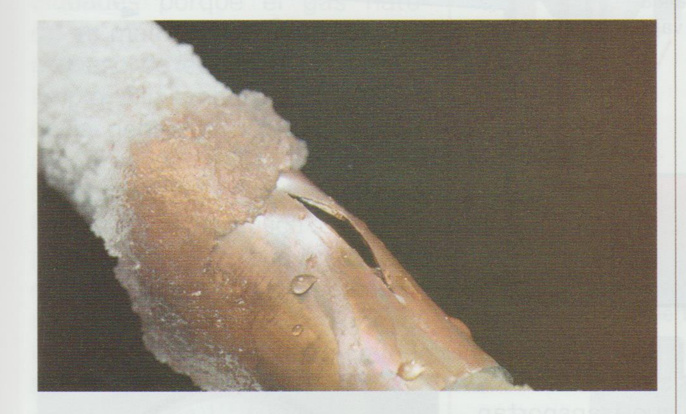
La calefacción con agua caliente se utiliza desde hace muchos años. En los primeros sistemas, el agua circulaba por convección natural, es decir, viajaba desde la caldera situada en el sótano hacia los cuartos de los pisos superiores, aprovechando el principio de elevación del agua caliente. Una vez que el agua cedía su calor, regresaba fría a la caldera (principalmente porque el agua fría tiende a bajar).

Hoy, la circulación del agua caliente y su retorno como agua fría a la caldera se aceleran con una o varias bombas ubicadas en la salida del intercambiador de calor; esto permite el uso de una caldera más pequeña. El número de bombas depende de la cantidad de radiadores o cuartos que tengan sistemas radiantes. En estos equipos, los termostatos de los cuartos controlan tanto el encendido y apagado del quemador como la activación de las bombas que hacen circular el agua a cada habitación o radiador en forma individual.

El agua cambia de volumen cuando se calienta o enfría; así, a mayor temperatura, mayor espacio. Por esta razón, los sistemas de calefacción de agua tienen en la parte más alta de la caldera un tanque de expansión que absorbe los cambios de volumen y permite que el agua amplíe y contraiga su volumen con los cambios de temperatura. Los sistemas cuentan, además, con una válvula de alivio que ayuda a evitar las presiones elevadas en su interior, y un sensor que apaga automáticamente la caldera si la presión del agua sube demasiado.

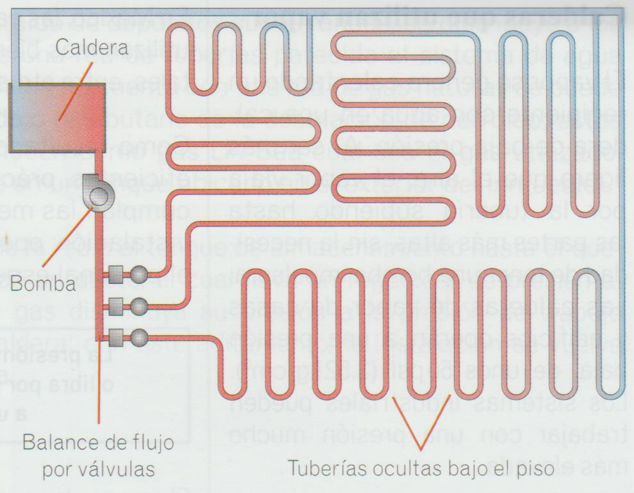


A diferencia de la mayoría de los materiales que reducen su volumen cuando se vuelven sólidos, el agua tiene la característica particular de aumentar su volumen al congelarse, por lo que en climas extremos es necesario agregar un anticongelante al agua del sistema de calefacción para evitar que se congele y reviente las tuberías.



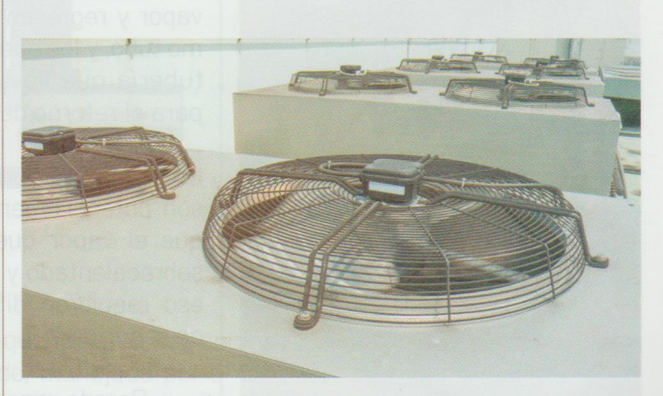
Antiguamente, los sistemas de calefacción por agua sólo podían operar con radiadores, voluminosos intercambiadores de calor hechos de metal que se instalaban en las habitaciones. Hoy existen otros sistemas en los que la tubería va oculta, debajo del acabado del piso y, ocasionalmente, dentro de las paredes, desde donde irradian su calor a la atmósfera de las habitaciones.

A estos sistemas se les conoce como pisos y paredes radiantes. Éstos tienen la ventaja de no ocupar espacio en la habitación, de calentar de manera homogénea y funcionar con temperaturas cercanas a los 40 °C. Sin embargo, como desventaja, deben instalarse durante la construcción de la casa, porque su colocación posterior puede resultar muy complicada y costosa.





Otro sistema de disipación de calor relativamente sencillo son los ventiloconvectores, conocidos más como *fan-coils.* Estos aparatos tienen en su interior un ventilador colocado frente a un serpentín por el que pasa el fluido caloportador que viene de la caldera o del sistema de enfriamiento. Los *fan-coils* se utilizan sobre todo en grandes edificios residenciales o locales comerciales, toda vez que es muy sencillo conectar varios de ellos a una red de tuberías que proporcione la energía térmica tanto para calentar como para enfriar las habitaciones. No son recomendables para espacios pequeños.

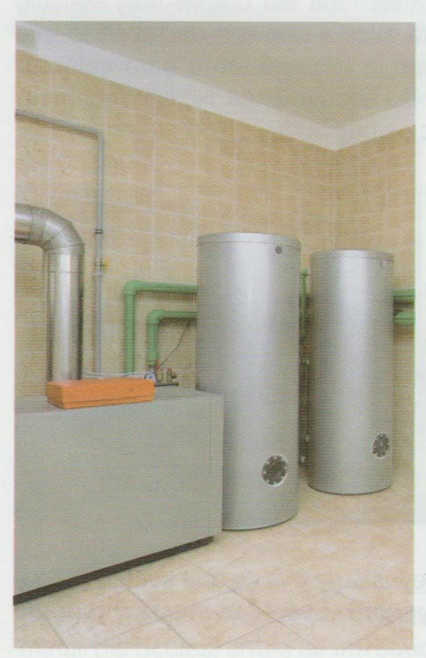


Una desventaja de los *fan-coils* es que suelen producir mucho ruido, ya que el ventilador está integrado en la habitación.

Calderas que utilizan vapor

El vapor se genera calentando un recipiente con agua en una caldera de baja presión. Al ser más ligero que el aire, el vapor viaja por la tubería subiendo hasta las partes más altas, sin la necesidad de tener una bomba impulsora. Las calderas de vapor de casas y edificios operan a una presión baja, de unos 50 psi (3.52 kg/cm^2). Los sistemas industriales pueden trabajar con una presión mucho más elevada.



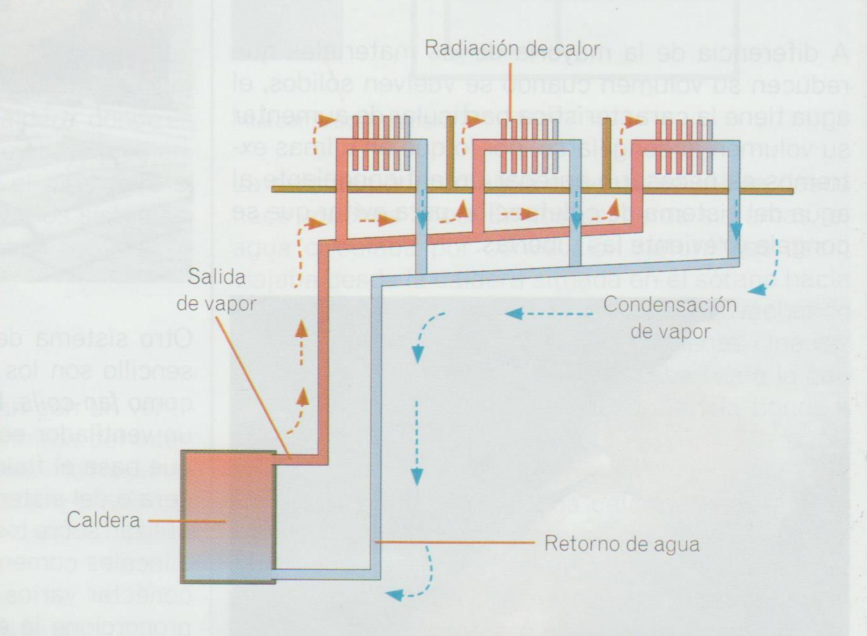


En México, las calderas de vapor para uso residencial no son comunes. Se utilizan más bien en hoteles, gimnasios, *spas*, centros deportivos, hospitales, entre otros.

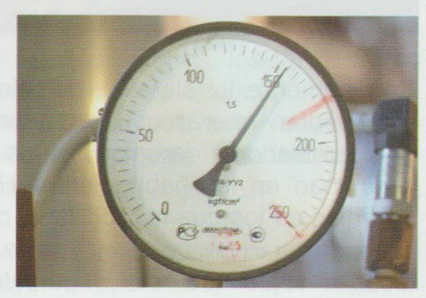
Como resultado del desarrollo tecnológico, estas calderas son muy eficientes, prácticamente automáticas y muy confiables mientras se cumplan las medidas de seguridad indicadas por los fabricantes. Su instalación, operación y mantenimiento son labores que debe realizar el personal especializado.

La presión baja es aquella menor a 50 psi (*pounds per square inch* o libra por pulgada cuadrada en el sistema inglés), que equivalen a unos 3.52 kilogramos por centímetro cuadrado.

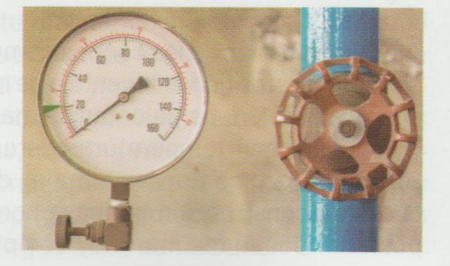
El vapor alcanza una temperatura de 100 °C o más, excepto cuando se opera con sistemas de vacío, los cuales son raros. A medida que el vapor transmite su calor a los radiadores en las habitaciones, va enfriándose; al disminuir su temperatura, se condensa, se convierte en agua y regresa, por gravedad, a la caldera para evaporarse de nuevo.



Hay dos tipos de sistemas de ductos para vapor: los que transportan vapor y regresan agua por el mismo tubo, y los que cuentan con una tubería que lleva el vapor y otra para el retorno de agua.

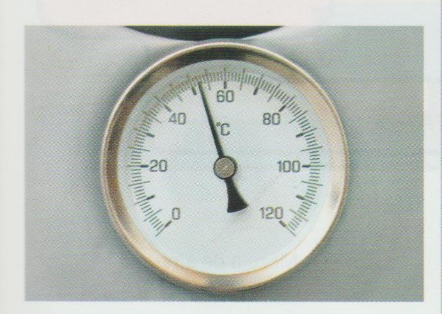


Las calderas que producen vapor son potencialmente peligrosas, ya que el vapor que contienen está sobrecalentado y bajo presión. Por eso requieren diferentes válvulas de seguridad:



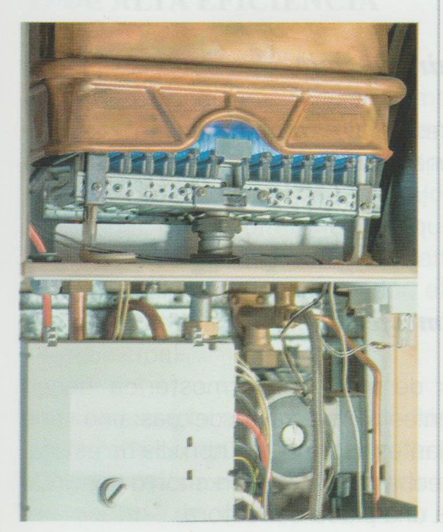
- Para la presión del vapor
- Para la presión del agua
- Para el nivel del agua
- Para la temperatura





CALDERAS DE GAS

Las calderas de gas pueden utilizar gas licuado, gas butano o gas natural. Estas últimas son cada vez más populares en las ciudades porque el gas natural es más fácil de adquirir y su proceso de combustión es más limpio. Sin embargo, la mayoría de la gente no tiene en cuenta que gran parte de la extracción del gas natural se lleva a cabo por fracturación hidráulica o *fracking*, proceso asociado con un elevado consumo de agua, contaminación de acuíferos y envenenamiento de la tierra con productos químicos sumamente tóxicos y cancerígenos.

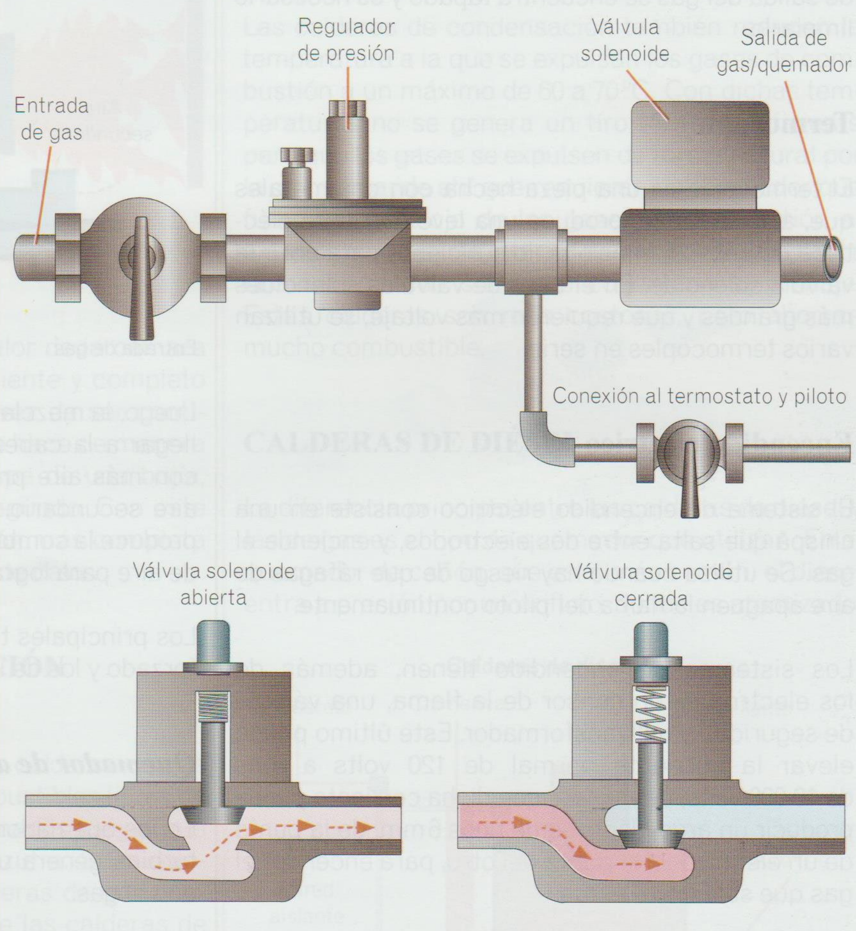


El gas natural, extraído de depósitos subterráneos, se distribuye a los usuarios mediante una red de tuberías parecida al sistema de agua potable. Si la localidad no cuenta con una red de gas natural, se puede obtener gas licuado o gas butano de la destilación de petróleo; estas variedades se conocen como gas LP. Sea cual sea el gas utilizado, debe almacenarse en un tanque ubicado en el exterior del inmueble.

El gas circula desde la red o el tanque de almacenamiento hasta el quemador por medio de un ducto, el cual lleva un regulador de presión al inicio para que el gas disminuya su presión a la presión de trabajo de cada tipo de caldera; con este aditamento, la instalación se vuelve manejable y segura.

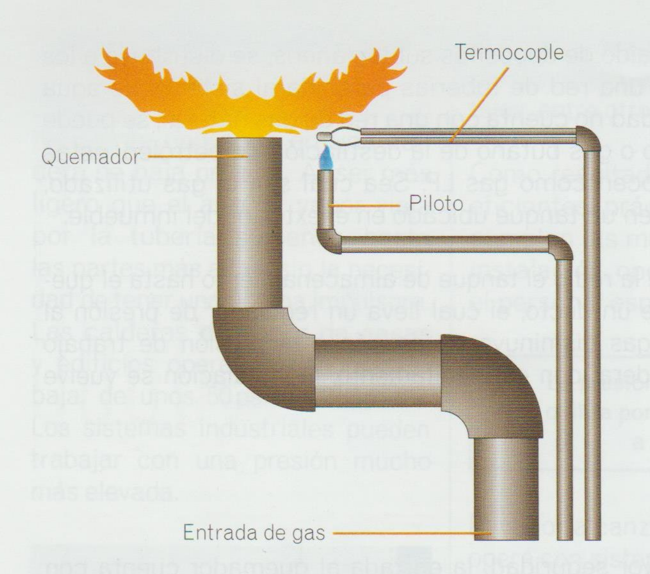
Entrada de gas

Para tener una mayor seguridad, la entrada al quemador cuenta con una válvula solenoide que abre o cierra el paso del gas al quemador. Esta válvula se conecta al termostato y al termocople del piloto.



Piloto

El piloto es una pequeña flama que enciende el gas del quemador cuando la válvula solenoide, manejada por el termostato, libera el gas hacia la cámara de combustión. Para que el piloto permanezca encendido debe calentar un termocople que abre la válvula solenoide de la alimentación del gas, pero si el piloto llegara a apagarse, se interrumpiría la alimentación del gas tanto del piloto como del quemador.



La flama que sale del piloto debe ser siempre azul. Cuando es amarilla o naranja significa que el orificio de salida del gas se encuentra tapado y es necesario limpiarlo.

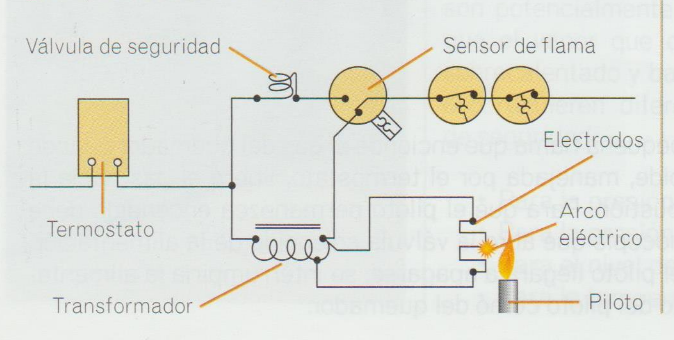
Termocople

El termocople es una pieza hecha con dos metales que, al calentarse, produce una leve corriente eléctrica de unos 25 minivolts, lo suficiente para abrir la válvula solenoide. En el caso de válvulas solenoides más grandes y que requieren más voltaje, se utilizan varios termocoples en serie.

Encendido eléctrico

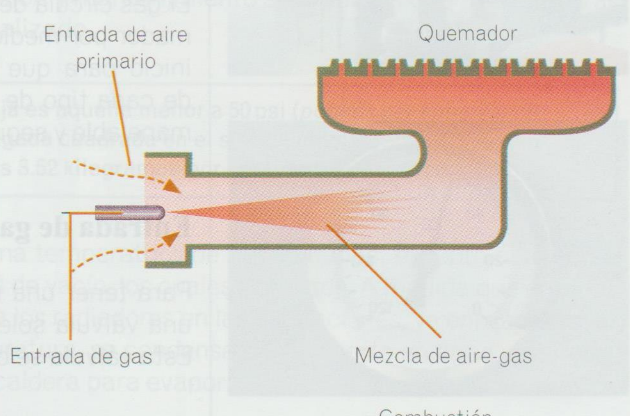
El sistema de encendido eléctrico consiste en una chispa que salta entre dos electrodos, y enciende el gas. Se utiliza cuando hay riesgo de que ráfagas de aire apaguen la flama del piloto continuamente.

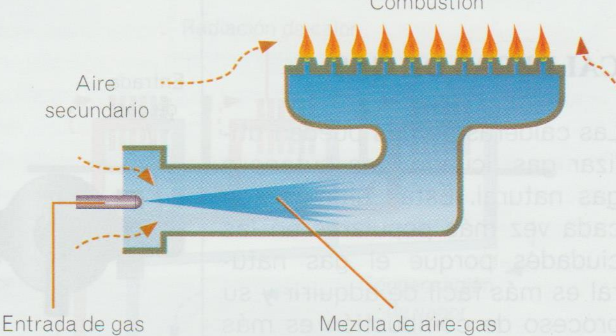
Los sistemas de encendido tienen, además de los electrodos, un sensor de la flama, una válvula de seguridad y un transformador. Este último puede elevar la corriente normal de 120 volts a más de 10 000 volts, de manera que dicha corriente pueda producir un arco eléctrico de unos 6 mm, de la punta de un electrodo a la punta del otro, para encender el gas que sale entre éstos.



Quemadores

El funcionamiento de los quemadores de gas es muy sencillo. El gas se suministra por un orificio de entrada y enseguida se mezcla en las toberas con cierta cantidad de aire; a éste se le conoce como aire primario.





Luego, la mezcla de gas y aire primario circula hasta llegar a la cabeza del quemador, donde se mezcla con más aire proveniente del exterior, denominado aire secundario. Es ahí, en el quemador, donde se produce la combustión. Se requiere al menos un 35 % de aire para lograr una buena combustión.

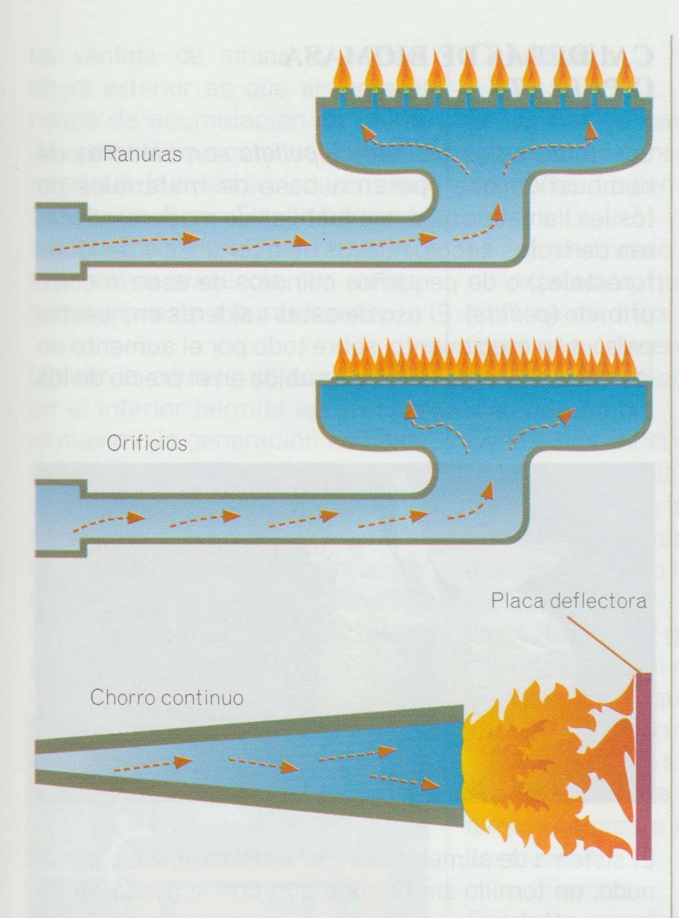
Los principales tipos de quemadores son los de aire forzado y los de inyección atmosférica.

Quemador de aire forzado

En los quemadores de aire forzado, un ventilador de turbina genera una corriente de aire que se mezcla con el gas.

Quemadores de inyección atmosférica

Los quemadores de inyección atmosférica tienen tres formas diferentes para la salida del gas: una serie de orificios semejantes a los de una hornilla de estufa, una serie de estrechas ranuras o un chorro continuo que choca contra una placa deflectora.



Combustión por pulsos

Otro sistema que aprovecha el calor de la cámara de combustión de modo más eficiente y completo es la combustión por pulsos. En vez de ser continua, la combustión de gas y aire se hace de manera intermitente por medio de la chispa de una bujía, la cual funciona a 60 ciclos por segundo. Con este proceso se obtiene una combustión más completa y se produce una mayor cantidad de calor.

CALDERAS DE CONDENSACIÓN O DE ALTA EFICIENCIA

Las calderas de condensación son calderas de gas de alta eficiencia que utilizan combustibles libres de azufre (gas natural y gas LP), llamados así porque contienen una baja cantidad de azufre. Su funcionamiento es similar al de las calderas de gas convencional, con la diferencia de que las calderas de condensación tienen un intercambiador de calor adicional, llamado condensador, el cual les permite precalentar el agua antes de pasarla al intercambiador principal.

El condensador absorbe el calor del vapor generado durante la combustión y lo convierte en agua líquida, con lo cual se extrae una mayor cantidad de calor del proceso de combustión.

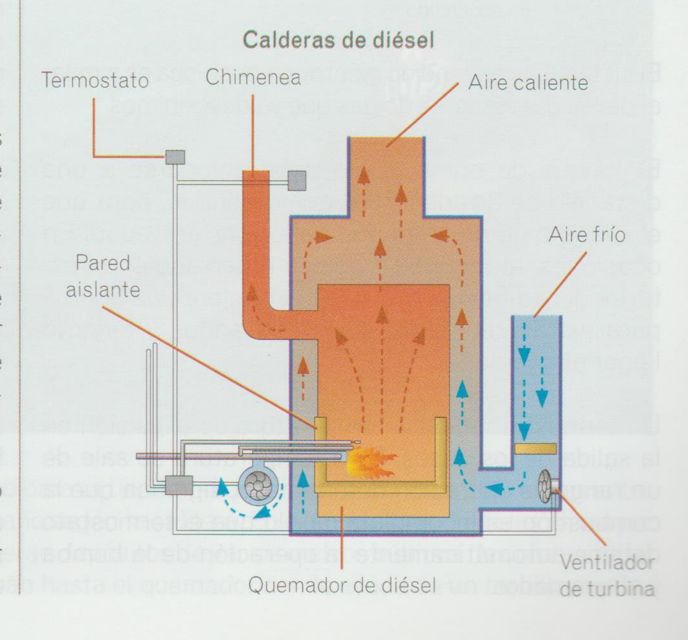
El agua condensada aporta entre un 10 y 30% más calor al sistema de calefacción, de modo que eleva la eficiencia por encima de la obtenida con cualquier caldera convencional. Ésta se desaloja por la parte inferior de la caldera mediante una tubería con sumidero conectada al drenaje.

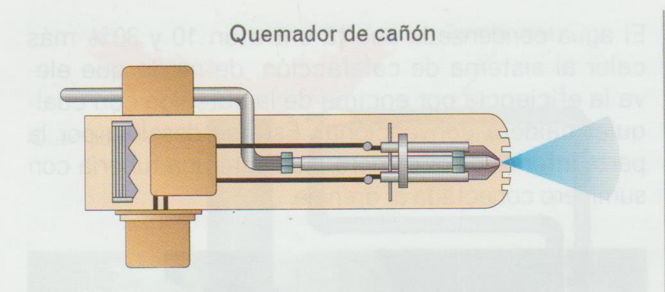


Las calderas de condensación también reducen la temperatura a la que se expulsan los gases de combustión a un máximo de 60 a 70°C. Con dichas temperaturas no se genera un tiro térmico suficiente para que los gases se expulsen de forma natural por la chimenea; de ahí que requieran un ventilador que fuerce el desalojo de los gases de combustión al exterior por la parte inferior de la caldera, mediante una tubería con sumidero conectada al drenaje. Estas calderas son más costosas, pero ahorran mucho combustible.

CALDERAS DE DIÉSEL

La diferencia principal entre las calderas de diésel y las de gas es el tipo de quemador que utilizan. En el quemador de cañón, que es el más común, el diésel entra a presión por un orificio, donde es atomizado.



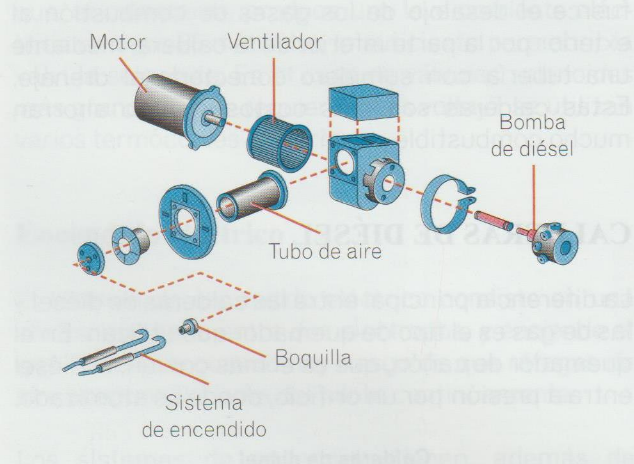


El combustible atomizado se envía a la cámara de combustión con aire forzado en un movimiento de espiral, que termina en un turbulento chorro de aire.

Las finas partículas de diésel en el chorro no se queman en tanto se encuentren en estado líquido; deben convertirse en vapor mediante una chispa eléctrica que primero gasifique el diésel y después lo encienda.

Hay dos tipos de quemadores de cañón: los de alta presión y los de baja presión. En los de alta presión, el diésel se envía, con ayuda de una bomba, a una presión entre 100 y 300 psi.

Las partes principales de un quemador de cañón son el motor, la bomba de diésel, los ventiladores, la boquilla, los tubos de aire y el sistema de encendido.



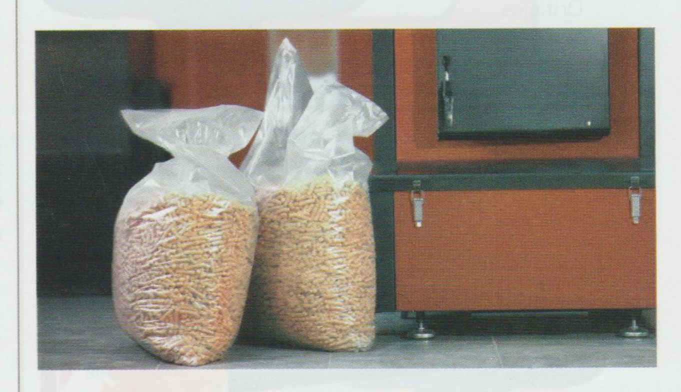
El sistema de encendido eléctrico por chispa es similar al de los quemadores de gas que ya describimos.

El tanque de combustible debe colocarse a una distancia de 2 m de altura como mínimo, para que el diésel baje hasta el quemador por gravedad. En ocasiones, el tanque se coloca enterrado en el exterior del edificio, por lo que se requiere una bomba para extraer el combustible del tanque y hacerlo llegar al quemador.

Un termostato mide la temperatura de expulsión en la salida de los gases. Si la temperatura se sale de un rango de operación determinado, significa que la combustión es incompleta, por lo que el termostato detiene automáticamente la operación de la bomba y el quemador.

CALDERAS DE BIOMASA O *PELLETS*

Las calderas de biomasa o *pellets* son calderas de combustión que operan a base de materiales no fósiles llamados biomasa (astillas de madera, cáscaras de frutos secos, huesos de aceitunas y residuos forestales) o de pequeños cilindros de aserrín comprimido (*pellets*). El uso de estas calderas en nuestro país va en crecimiento, sobre todo por el aumento en la conciencia ambiental y la subida en el precio de los hidrocarburos fósiles.



El sistema de alimentación del combustible es, a menudo, un tornillo sin fin, que gira con la ayuda de un motor eléctrico para llevar el combustible desde el depósito hasta el quemador. El sistema de encendido automático es generalmente eléctrico, el cual es accionado mediante el calentamiento directo de una resistencia bajo el quemador, o bien por una corriente de aire caliente (generada por una resistencia eléctrica) que incide sobre los trozos de combustible hasta generar una flama constante.

Una vez encendida la primera carga en el quemador, la alimentación continua de sólidos mantendrá el fuego ardiendo. Muchas de estas calderas están completamente automatizadas y no requieren un operario para funcionar, pero deben limpiarse con mayor frecuencia y requieren que el depósito de combustible se rellene de manera periódica.

Las calderas de biomasa pueden funcionar con circulación de aire o de líquidos caloportadores y, según el tamaño y la potencia, pueden también proporcionar agua caliente para el uso doméstico.

Ubicación

Las calderas de combustión pueden instalarse tanto en exteriores como en interiores. Se debe tomar en cuenta que haya ventilación suficiente, que no se expongan a corrientes de aire directas y que la salida para la chimenea no exceda la distancia sugerida en cada tipo de caldera.

La ventaja de situar la caldera en el exterior es que aminora el riesgo de acumulación de gases de combustión o combustible en el interior de la vivienda o local en caso de alguna fuga. Sin embargo, la caldera tendrá una ligera disminución en su eficiencia por mantenerse expuesta a la intemperie.

Ubicar la caldera de combustión en el interior permite aprovechar al máximo la generación de calor, ya que ésta permanece casi en su totalidad dentro del inmueble. Por ello, debe tenerse la precaución de verificar periódicamente que no haya fugas en la entrada del combustible o en la salida de los gases de combustión.



Siempre que se instale una caldera de gas en interiores debe colocarse una salida de ventilación adicional en la parte baja de la habitación para evitar la acumulación del gas en caso de fuga.

Por lo anterior, las calderas de gas no deben instalarse en el sótano, a diferencia de las de diésel o combustibles sólidos, que no presentan inconvenientes de este tipo.

Colocación

En general, las calderas de combustión se colocan en el piso, encima de una base de concreto bien nivelado, aunque también algunas calderas pequeñas pueden instalarse en la pared.

La colocación de las calderas de combustión implica diferentes tipos de instalación, que varían en función del combustible por utilizar y del sistema de difusión de calor. En lo común, todas las calderas deben tener una chimenea correctamente instalada para la evacuación de gases de combustión.

Cada caldera tiene especificaciones particulares en cuanto a la longitud máxima, el diámetro de la tubería y la inclinación recomendada para la instalación de la chimenea. Asegúrese de que la ubicación de su caldera sea adecuada para cumplir con estas especificaciones y de que se instale siguiendo los protocolos establecidos por el fabricante.

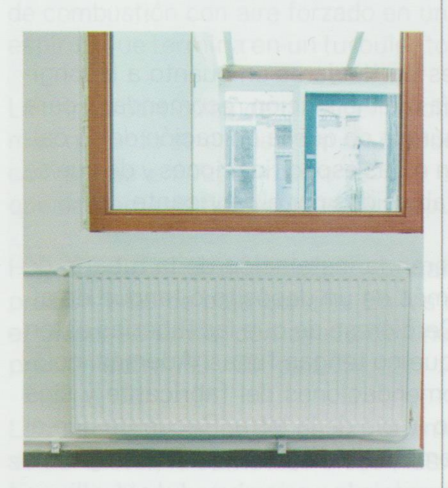
Las calderas de gas y diésel requieren la instalación de la tubería de alimentación del combustible, además de un depósito o tanque de almacenamiento que lo suministre. Cerciórese de que las tuberías estén señaladas de forma correcta y de que no tengan fugas. Además, coloque el depósito siguiendo las recomendaciones del fabricante y siga las instrucciones de mantenimiento al pie de la letra. Recuerde que el almacenamiento inadecuado de combustibles puede provocar graves accidentes.

Si cuenta con distribución de gas natural por tubería, no necesitará el depósito, pero sí una revisión periódica de detección de fugas y calibración de quemadores que generalmente ofrecen las compañías que los distribuyen.



Las calderas de biomasa tienen un depósito de combustible adyacente, que varía en tamaño según la caldera. En el caso de las calderas de mayor tamaño, se requieren depósitos de varios metros cúbicos de combustible, los cuales se llevan hasta el quemador con la ayuda de un tornillo sin fin.

Si la distribución de calor es a través de aire caliente, la instalación debe contar con un sistema de ductos, compuertas y rejillas que distribuyan el aire caliente a las habitaciones y lo devuelvan al intercambiador para recircularlo. Los tipos, las formas y los sistemas de ductos se tratarán más adelante en este manual.



Si se tiene un sistema de circulación de vapor o de agua caliente con disipadores tipo radiador, es necesario asegurarse de que la instalación de la tubería sea del diámetro y del material adecuados para manejar la temperatura y la presión de operación de su caldera. Asegúrese de colocar los reguladores, las válvulas de presión y los sistemas de seguridad indicados por el fabricante, y sitúe los radiadores debajo de las ventanas y en las zonas más frías de la casa para lograr una temperatura homogénea y confortable en todas las habitaciones.

Ahora, si su caldera va a trabajar con un sistema de calor radiante, es importante colocar y probar contra fugas sus tuberías antes de colocar el piso o los acabados de los muros. De esta manera, evitará costosas reparaciones.

Algunas calderas también pueden proveer agua caliente para uso doméstico; esto implica que deberán instalarse las tuberías correspondientes para su conexión a la caldera.

Seguridad

Entre sus medidas de seguridad, las calderas de combustión tienen un sistema de apagado automático. El funcionamiento correcto de termostatos, termocoples y válvulas solenoides apaga el sistema cuando la combustión disminuye o se interrumpe, con esto se evita el peligro de que el combustible siga saliendo. El sistema también apaga la caldera cuando se sobrecalienta, cuando el fluido caloportador no está circulando correctamente o cuando se ha llegado a la temperatura deseada en los espacios por calentar.

CALEFACCIÓN SOLAR

Los sistemas solares de calefacción pueden utilizar colectores de aire o colectores de líquidos caloportadores.

Sistemas solares con colectores de aire

Los sistemas de circulación de aire son más sencillos y sólo requieren los colectores, los ductos y un ventilador. Al trabajar de manera directa con el aire a presión atmosférica, no presentan riesgos de fuga y son inmunes a los problemas de ebullición y congelamiento que pueden tener los sistemas de agua.

El rendimiento de estos sistemas varía según el tipo de colector y el caudal de aire que se haga circular por ellos. Algunos fabricantes afirman que sus rendimientos alcanzan hasta el 90 %, mientras que otros otorgan hasta un 10 % por debajo del rendimiento de los colectores de agua.

Los colectores pueden ser diferentes, dependiendo del tipo de absorbedor de calor y de la colocación de los vidrios que forman la caja:

- Colector simple de circulación delantera
- Colector de placa intermedia
- Colector de placa intermedia con doble vidrio
- Colector de circulación trasera
- Colector abierto (sin vidrio)



Estos sistemas no acumulan energía para los periodos en que la radiación solar no está disponible, ya sea durante la noche o los días nublados. En consecuencia, rara vez cumplen con la demanda energética total para la calefacción, pero son excelentes sistemas de apoyo o de precalentamiento de aire y pueden ahorrar importantes cantidades de energía o combustibles (y, sobre todo, de dinero).

Sistemas solares con colectores de líquidos

Los sistemas de calefacción solar que funcionan con agua o líquidos caloportadores son sistemas más complejos y completos. Pueden cubrir de forma eficiente hasta un 50 % de las necesidades de calefacción anual, y hasta un 80 % de la demanda de agua caliente para una vivienda.

El sistema de calefacción consta de colectores solares, un acumulador de energía (que es un tanque de agua, pero se llama así porque acumula la energía contenida en el agua caliente) y un circuito de calefacción por radiación, aunque en general se aprovecha la energía acumulada para calentar el agua para el uso de la casa.



Existen diferentes tipos de colectores solares, pero para los sistemas de calefacción deben usarse sólo los de temperaturas medias o elevadas, pues si se utilizan otros, la energía sería insuficiente. Los más antiguos, costosos y menos eficientes son los colectores planos, que son básicamente una caja cubierta con vidrio que alberga en su interior un absorbedor (lámina de cobre o aluminio con recubrimiento oscuro y opaco) y un serpentín de cobre por el que se hace pasar el agua.

Dentro de estos colectores, de acuerdo con el aislamiento y la calidad de los materiales, se puede llegar a perder por conducción, convección, radiación y reflexión entre un 25 y 40 % del calor absorbido.

Los colectores más modernos y que alcanzan mayores temperaturas son aquellos conformados por tubos de vidrio al vacío. El panel tiene una estructura de peine con un conducto superior que conduce el líquido caloportador. Los tubos tienen dos paredes de vidrio, entre las cuales se hace vacío y dentro de ellas se encuentra un tubo de cobre sellado que contiene un líquido volátil (refrigerante), el cual, al calentarse, se evapora y asciende al extremo superior del tubo.



El extremo superior está conectado al circuito del líquido caloportador. Aquí el refrigerante cede su energía al condensarse y vuelve al extremo inferior para su recalentamiento.

Debajo de los tubos de vidrio se coloca una placa reflectante para maximizar la absorción del calor. La mayor superficie de captación que presentan los tubos hace a este sistema hasta un 60 % más eficiente, comparado con los colectores planos, sobre todo en condiciones desfavorables de captación, como los días nublados o las primeras y últimas horas del día.

Los tubos al vacío tienen mucho menor riesgo de deterioro por congelación y sobrecalentamiento, y no pierden energía durante la noche, pues el calor se transfiere siempre de los tubos al líquido caloportador y no al revés.

El líquido calentado por los colectores circula hacia un depósito de agua caliente, el acumulador de energía, el cual, por acción de un intercambiador de calor transfiere la energía a los circuitos de calefacción radiante o a las tomas de agua caliente, según se requiera.

Combinando este sistema con un calentador de apoyo, ya sea un sistema de combustión o una bomba de calor de alta eficiencia, puede cubrirse el 100 % de la demanda energética para la calefacción y el uso de agua caliente durante todo el año. Estos sistemas pueden funcionar durante las temporadas de calor para calentar, adicionalmente, albercas interiores o exteriores.

Ubicación

Tanto los sistemas de calefacción solar con colectores de aire como los sistemas de colectores de líquidos más pequeños y simples (aparatos de termosifón prefabricados) se montan generalmente en los techos o las terrazas, donde reciben la mayor cantidad de radiación. En los sistemas más grandes, los colectores se ubican en los techos, mientras que los acumuladores pueden colocarse tanto en el exterior como en el interior.



Colocación

Los sistemas de calefacción solar con colectores de aire son de fácil instalación, ya que además de ubicar los colectores en un lugar soleado, sólo se requiere la instalación de ductos para el aire y un sistema de ventiladores eléctricos que lleve el aire a las habitaciones.

La instalación de un sistema de calefacción solar a base de líquidos caloportadores precisa la instalación de los colectores y del sistema de tuberías primario que transporte el líquido caliente al acumulador o intercambiador, la instalación del acumulador, la bomba de circulación y la instalación de tuberías de disipación, que puede consistir en radiadores, piso radiante o *fan-coils*. La calefacción solar por termosifón tiene el acumulador adosado, por lo que necesita únicamente la instalación de las tuberías de disipación y de conexión en serie al sistema de calefacción de apoyo, en caso de contar con uno.

Servicio

Cada fabricante de calderas recomienda diferentes periodos para el mantenimiento y la limpieza de los equipos. Seguir las especificaciones del fabricante asegura un mejor funcionamiento y rendimiento. Sin embargo, para la gran mayoría de las calderas de combustión, es necesario limpiar los quemadores y el intercambiador de calor por lo menos una vez al año.

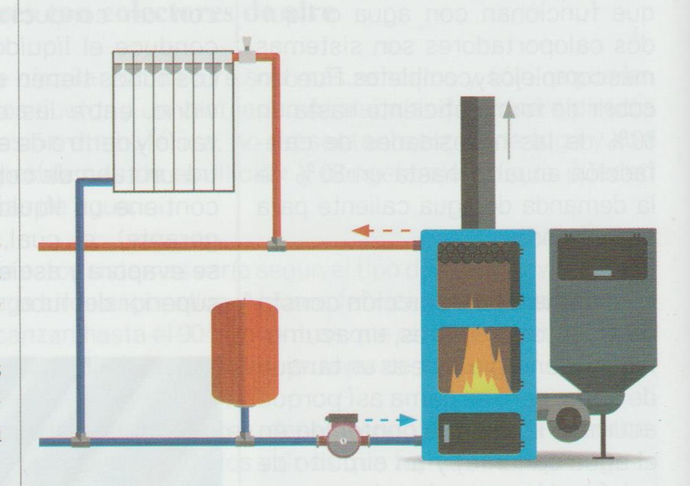
Asegúrese de cerrar la alimentación del combustible y esperar a que la caldera esté fría antes de proceder a desarmar o limpiar cualquier pieza o componente.

Para las calderas de gas, el servicio debe incluir: la limpieza de la entrada del aire y el ventilador (si cuenta con uno); la limpieza individual de los inyectores, de toberas y quemadores; la limpieza y el ajuste de electrodos (si es de encendido eléctrico), y la limpieza del intercambiador de calor y de la salida de humos.

En el caso de las calderas de diésel pequeñas (para viviendas unifamiliares), se recomienda limpiar cada seis meses el quemador, los inyectores, el plato difusor, los electrodos y la fotocelda. Y cada año se debe limpiar el filtro y la carcasa de la bomba de diésel, el intercambiador de calor y el colector de hollín de la salida de humos.

Después de cada limpieza es muy importante verificar con un manómetro que la presión generada por la bomba sea la recomendada para la correcta pulverización del combustible en los inyectores, y ajustar la entrada de aire para obtener una combustión completa. Además, debe comprobarse mediante un análisis de combustión que la temperatura de los gases de salida sea la correcta, que no haya restos de combustible sin quemar y que el nivel de dióxido de carbono a la salida sea lo más alto posible, tomando como mínimo aceptable el 10 %.

Las calderas de biomasa requieren una limpieza semanal de los intercambiadores de calor. Ésta se realiza de manera muy sencilla mediante el movimiento de una o dos palancas, aunque algunas calderas cuentan con un sistema automatizado de limpieza diaria de tales intercambiadores. El mantenimiento regular incluye la limpieza del cajón de cenizas y del quemador, que debe hacerse entre una y dos veces al mes, de acuerdo con el consumo de biomasa. Una vez al año debe limpiarse el conducto de salida de humos y el colector de hollín.

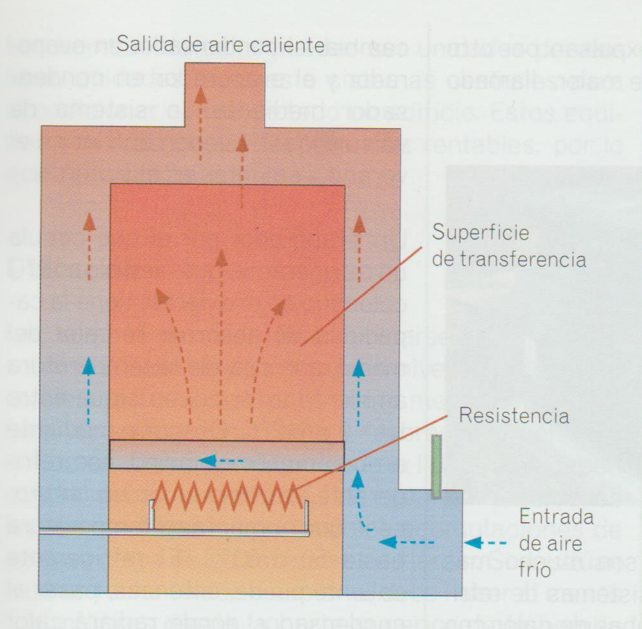


Las instalaciones de calefacción solar requieren un mantenimiento mínimo, que consiste en mantener los colectores limpios y asegurarse de que el sistema primario tenga suficiente líquido y no presente fugas. En las zonas de temperaturas extremas debe tenerse cuidado de evitar la congelación del líquido caloportador y no introducir agua demasiado fría en un colector caliente, para prevenir un choque térmico. Adicionalmente, dependiendo del sistema de calefacción de apoyo, deberán seguirse las indicaciones de mantenimiento de éste.

EQUIPOS ELÉCTRICOS

Calderas eléctricas

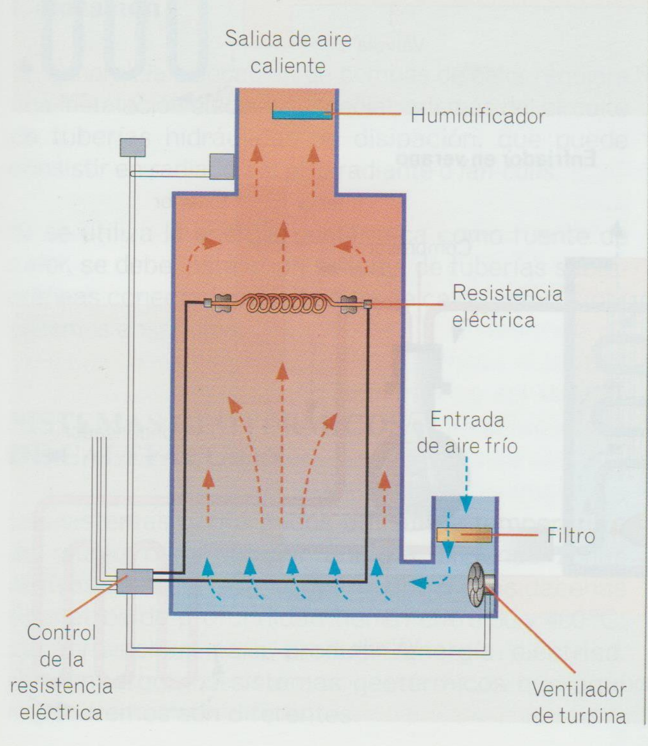
En lugar del quemador de gas o diésel, los equipos eléctricos de calefacción utilizan una resistencia. Estos equipos se usan en lugares donde la calefacción es necesaria durante muy pocos días al año, porque su operación es más costosa que las de diésel o gas, dada su baja eficiencia energética y el alto costo de la energía eléctrica.



Una ventaja de estas calderas es su mantenimiento mínimo: sólo requieren de una revisión y una limpieza periódica de las terminales para eliminar la corrosión. Cuando se funden o dañan las resistencias o cuando se dañan los motores del ventilador, es necesario cambiarlos.

Calderas eléctricas de aire

Estas calderas utilizan resistencias eléctricas de alambre o listón desnudo, elaborado con una aleación de cromo-níquel y montado sobre un aislante de cerámica o de mica. La ventaja del listón es que tiene una mayor superficie de contacto con el aire y, por tanto, disipa una mayor cantidad de calor.



Un ventilador impulsa el aire a través de la resistencia. Ahí recoge el calor y lo envía a las habitaciones.

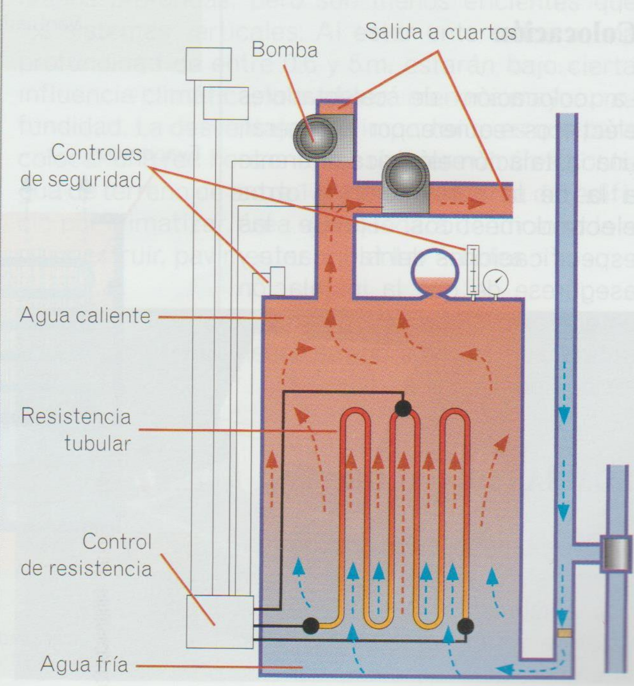
Varios controles encienden y apagan la resistencia; los que se encuentran a la salida de las tuberías de aire caliente apagan la resistencia cuando ésta excede la temperatura deseada, pero los ventiladores siguen trabajando mientras la temperatura no baje de cierto nivel. Otros controles apagan la resistencia cuando la circulación de aire baja demasiado.

Al igual que en otras calderas de aire forzado, el filtro para limpiar el aire se coloca en la entrada del ducto de aire frío, antes del ventilador, mientras que el humidificador se sitúa en la salida del aire caliente.

Otros sistemas de calefacción eléctrica no tienen una caldera central con resistencias; utilizan un sistema de circulación, limpieza y humidificación del aire general, pero las resistencias se ubican cerca de la salida de aire caliente de cada habitación. Hay tantas resistencias como salidas, y cada una está controlada por un termostato individual, de ahí que se puedan mantener temperaturas diferentes en cada habitación.

Calderas eléctricas de líquidos

Las calderas eléctricas que calientan líquidos utilizan resistencias de alambre encerradas dentro de un tubo de acero resistente a la corrosión. El alambre está elaborado con cromo-níquel e impregnado de polvo de óxido de magnesio. Las resistencias están aisladas para poder mojarlas o sumergirlas en los líquidos, lo cual evita que éstos se electrifiquen.



En las calderas eléctricas de líquidos se usan de una a tres resistencias tubulares sumergidas dentro de un depósito, donde calientan el líquido, que luego es enviado hasta los cuartos con la presión de las bombas.

Un control de seguridad apaga o enciende una a una las tres resistencias, según el requerimiento de calor, y el sistema se apaga cuando la temperatura ha alcanzado el nivel deseado o cuando el líquido no circula.

Estos sistemas también utilizan controles de presión para apagarse cuando la presión excede cierto límite.

Ubicación

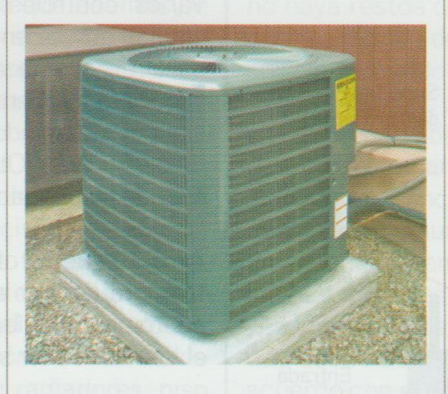
Las calderas eléctricas se colocan en interiores para aprovechar al máximo el calor generado, ya que no producen gases de combustión ni necesitan ventilación. Pueden ubicarse en cualquier habitación, siempre que se asienten en un zócalo nivelado de material no inflamable y no queden demasiado cerca de muebles o materiales inflamables.

Colocación

La colocación de calentadores eléctricos requiere, por lo general, una instalación eléctrica diferente a la de la iluminación y otros electrodomésticos. Revise las especificaciones del fabricante y asegúrese de que la instalación esté correctamente aislada y señalada, para evitar que se dañen los equipos.

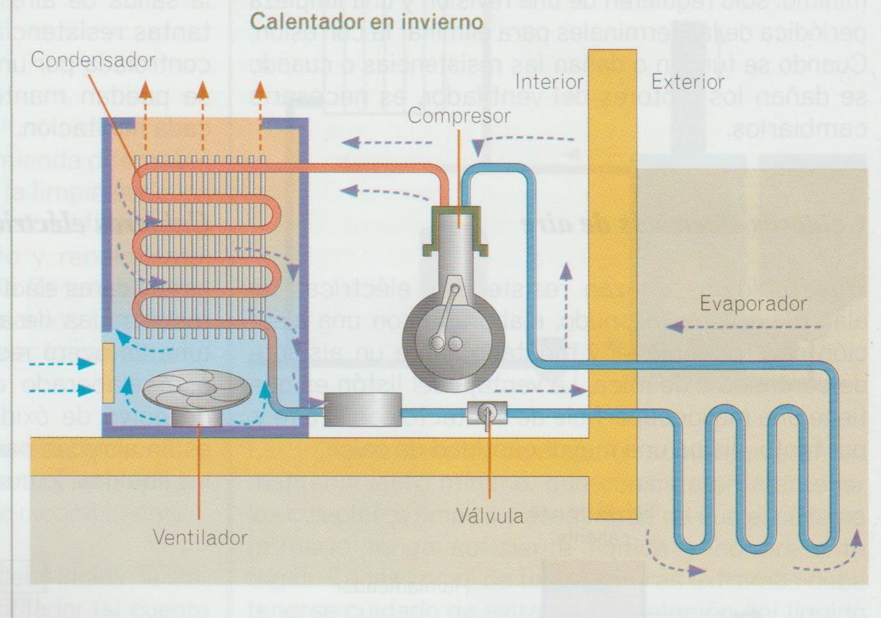
BOMBAS DE CALOR

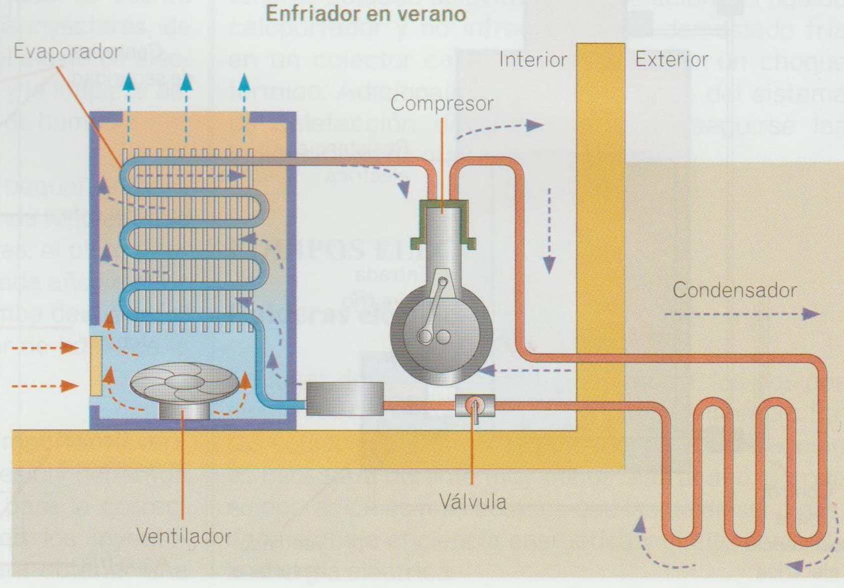
Las bombas de calor son básicamente sistemas de refrigeración por compresión, que extraen el calor de un ambiente mediante un intercambiador de calor, llamado evaporador, y lo expulsan por otro intercambiador de calor, llamado condensador.



A pesar de que son mucho más comunes en los sistemas de refrigeración, las bombas de calor con sistemas de ciclo inverso pueden cambiar el condensador en evaporador y el evaporador en condensador mediante un sistema de válvulas; así, pueden enfriar en el verano y calentar en el invierno.

Un evaporador por el que circula un refrigerante, que hierve a −18 °C colocado en el exterior, tiene la capacidad de absorber el calor del medio, aun cuando la temperatura ambiente exterior se ubique entre los −9 y −12 °C. Después, mediante un compresor eléctrico, ese refrigerante es comprimido en un proceso que aumenta su temperatura hasta 50 o 60 °C. El refrigerante caliente puede, entonces, pasar al condensador, donde radiará calor al espacio que lo rodea.

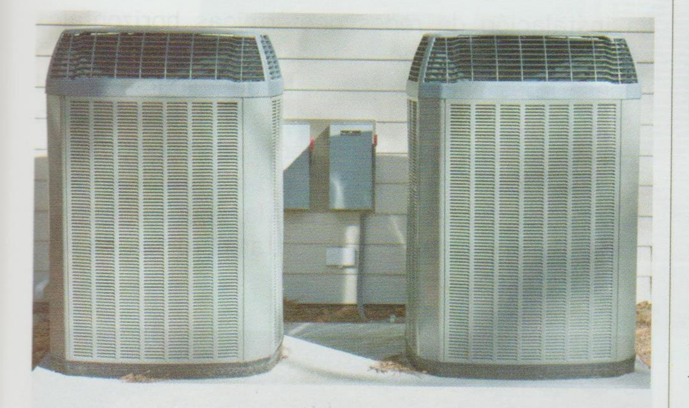




Las bombas de calor pueden ser unidades de ventana, unidades remotas o sistemas centrales para acondicionar el aire de todo un edificio. Estos equipos son más costosos, pero más rentables, por lo que cada vez se usan más.

Ubicación

Las bombas de calor deben ubicarse en el exterior sobre una base de concreto bien nivelado, procurando alejarlas de las paredes por lo menos 60 cm para facilitar su mantenimiento y favorecer la correcta aireación. Deben protegerse de la lluvia, y no deben quedar debajo de las áreas de escurrimiento de los techos, en lugares con posibles acumulaciones de agua, ni cerca de los aspersores de jardín. Si se sitúan bajo un techo volado o cubierta, debe haber al menos 1.50 m libres desde la parte superior de la bomba hasta la estructura.



Colocación

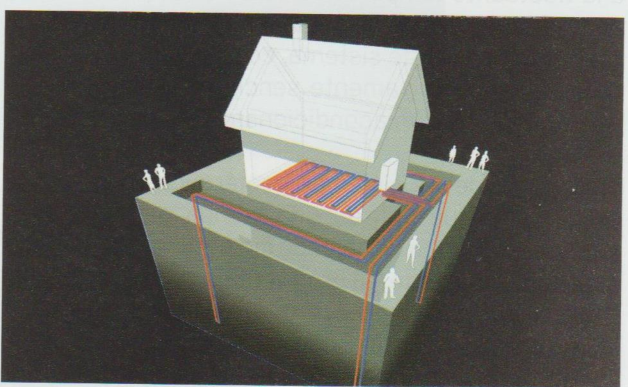
En general, la colocación de bombas de calor requiere una instalación eléctrica especial, además del circuito de tuberías hidráulicas de disipación, que puede consistir en radiadores, piso radiante o *fan-coils*.

Si se utiliza la energía geotérmica como fuente de calor, se debe instalar un sistema de tuberías subterráneas conectadas a la bomba de calor, como explicaremos enseguida.

SISTEMAS GEOTÉRMICOS DE CALEFACCIÓN

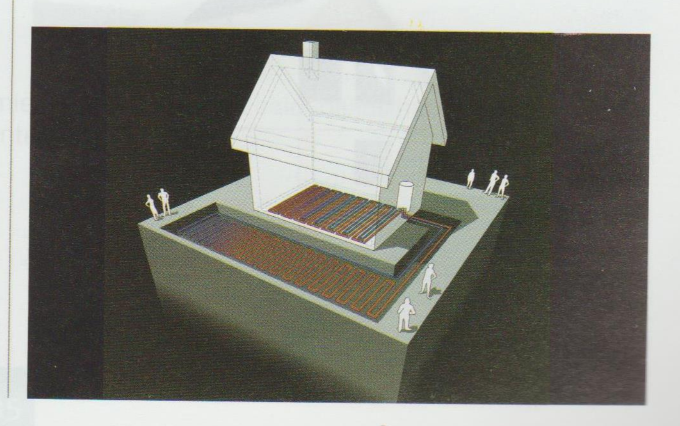
Los sistemas geotérmicos utilizan la temperatura del suelo para obtener energía. Algunas zonas activas de la corteza terrestre, que a unas decenas de metros de profundidad tienen entre 30 y 400 °C, se aprovechan para producir energía eléctrica. Sin embargo, los sistemas geotérmicos que aquí expondremos son diferentes.

La climatización geotérmica utiliza la gran inercia térmica del suelo como fuente o sumidero de calor, por lo que puede proporcionar calefacción en invierno y refrigeración en verano. Desde la superficie hasta 10 m de profundidad, la temperatura del suelo va siendo menos variable conforme aumenta la profundidad. A partir de 10 m y hasta 100 m de profundidad, la temperatura se mantiene prácticamente constante, en un valor muy cercano a la temperatura promedio anual del ambiente sobre la superficie que, de acuerdo con el lugar, puede ser de entre 10 y 16 °C.



Los sistemas geotérmicos utilizan un circuito de tuberías enterradas para intercambiar calor con el suelo. Estos circuitos de tuberías de polipropileno reticulado, polietileno rígido o polietileno de baja densidad pueden ser redes horizontales o pozos verticales, dependiendo de la disponibilidad del terreno y de la demanda energética.

Los sistemas horizontales son más fáciles de instalar y más baratos, porque requieren excavaciones menos profundas, pero son menos eficientes que los sistemas verticales. Al estar enterrados a una profundidad de entre 0.6 y 5 m, estarán bajo cierta influencia climática, la cual será menor a mayor profundidad. La desventaja más importante es que para colocar una red horizontal se requiere un área contigua de terreno de entre 1.5 y 2 veces el área del edificio por climatizar, área que quedará condicionada a no construir, pavimentar ni plantar árboles.

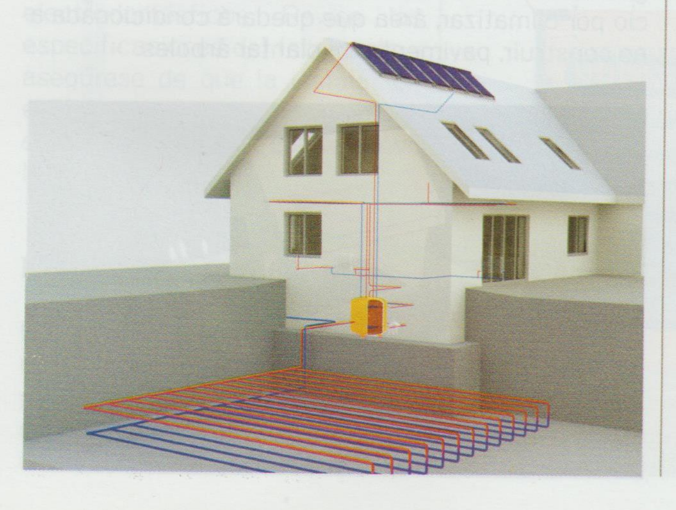


Los sistemas verticales para viviendas unifamiliares constan generalmente de uno o dos pozos de entre 80 y 150 m de profundidad. Tienen la ventaja de ocupar poca superficie y maximizar la eficiencia por trabajar con temperaturas más constantes, pero su costo de instalación es mucho mayor por requerir excavaciones profundas y estudios de suelo.

El circuito de intercambio con el suelo puede conectarse mediante una bomba hidráulica directamente a un sistema de piso radiante, con lo que se obtiene un flujo a temperatura constante, el cual, frente a la fluctuante temperatura estacional, puede servir como fuente de calefacción en invierno y refrigeración en verano. Este sistema, conocido como de baja entalpía, es relativamente sencillo y de bajo costo, pero aporta sólo un acondicionamiento ligero.

La mayoría de los sistemas geotérmicos son de alta entalpía, ya que utilizan una bomba geotérmica, la cual es una bomba de calor de ciclo inverso para acondicionar el ambiente. La gran ventaja es que el sistema trabaja con una temperatura media casi constante, independientemente del clima exterior, lo cual aumenta de forma considerable su eficiencia comparada con la de las bombas de calor de intercambio ambiental, que trabajan con diferencias de temperatura muy grandes entre la entrada y la salida. Un sistema de este tipo bien calculado, con un sistema de piso radiante, puede proporcionar a una vivienda unifamiliar hasta el 100 % de las necesidades de calefacción en invierno, refrigeración en verano y agua caliente todo el año.

Algunos sistemas geotérmicos se utilizan como sistemas de preacondicionamiento para sistemas de calefacción solar o calderas de combustión. Al pasar el fluido caloportador por el circuito enterrado, antes de enviarlo a otro sistema de acondicionamiento, se reduce la diferencia de temperatura entre la entrada y la salida del sistema, con lo cual se mejora de manera sustancial la eficiencia y se disminuye el costo energético necesario para alcanzar la temperatura de confort.



Ubicación

Como ya hemos visto, los sistemas geotérmicos horizontales ocupan mucho terreno en comparación con los sistemas de pozos verticales, pero comparados con las instalaciones dentro de edificios no hay diferencias entre ambos.

Si se utiliza sólo una bomba hidráulica, bastará con colocarla en un lugar seco, de preferencia cerca del nivel del suelo, donde ocupará muy poco espacio.

Las instalaciones de bombas geotérmicas para calefacción, refrigeración y agua caliente requieren un cuarto de máquinas de, por lo menos, 1.5 por 1.5 m, que por lo general se encuentra a nivel de piso o en el sótano.

Colocación

La instalación de redes geotérmicas horizontales es relativamente sencilla, puesto que la excavación necesaria es poco profunda. Debe cuidarse que el sistema hidráulico y el espesor de las tuberías estén bien calculados, para no perder presión debido al exceso de fricción en la tubería o a la falta de empuje de la bomba. Se recomienda que la tubería enterrada tenga ángulos amplios para evitar pérdidas de presión y turbulencia.



La instalación de pozos verticales requiere de estudios de permeabilidad, composición y comportamiento de suelos, además de maquinaria especializada para realizar las perforaciones, lo cual resulta bastante costoso. Por esta razón, su utilización se justifica casi exclusivamente para uso industrial o edificios multifamiliares en zonas de climas extremos.

La instalación de climatización geotérmica incluye, a menudo, una red de tuberías de pisos y paredes radiantes que son muy eficientes y de poco consumo energético, porque trabajan a bajas temperaturas, aunque el sistema también puede trabajar con radiadores a mayor temperatura con un gasto energético mayor.



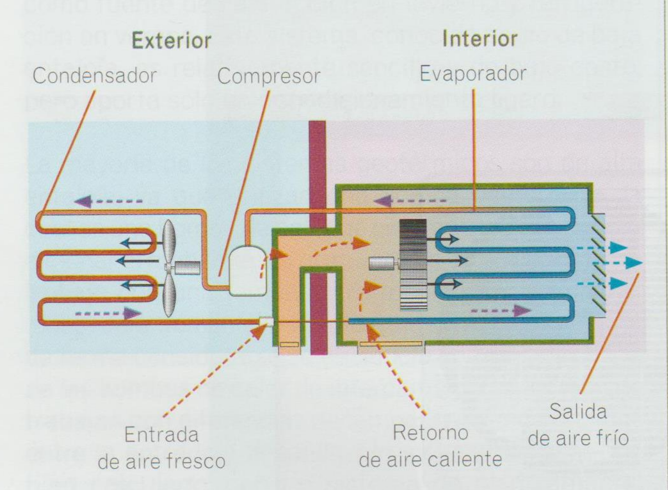
Capítulo 3

Sistemas enfriadores

Los enfriadores son sistemas de acondicionamiento que extraen el calor de las habitaciones y lo disipan hacia el exterior a través de diferentes procesos.

Las unidades enfriadoras más comunes son las bombas de calor eléctricas, que operan mediante un sistema de compresión parecido al de un refrigerador, con la diferencia de que enfrían el aire de una o varias habitaciones, en lugar de los alimentos dentro de un gabinete.

Estas unidades pueden ser grandes sistemas centrales para acondicionar el aire de edificios enteros, unidades remotas que acondicionan el ambiente de una o varias habitaciones o unidades de cuarto colocadas en la ventana o en el muro de la habitación que se desea acondicionar.

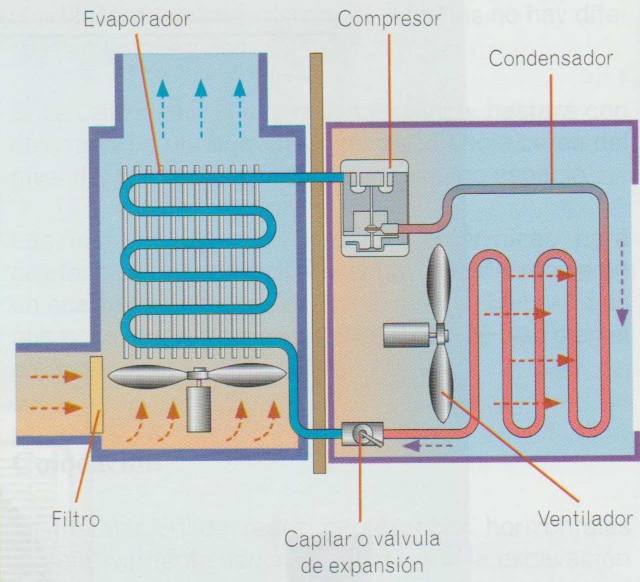


Hoy existe otra tecnología de refrigeración que reduce considerablemente el consumo de energía eléctrica característico de los sistemas por compresión. Se trata de los sistemas de aire acondicionado solar o sistemas de frío solar, que aprovechan la abundante energía solar térmica para realizar un proceso de absorción, también conocido como compresión térmica, para refrigerar edificios o cuartos que almacenan productos.

Por su tamaño, capacidad y costo de instalación, estos sistemas se utilizan muy poco por ahora, excepto en España, donde algunas universidades, hoteles e industrias están obteniendo resultados muy favorables en cuanto a la disminución de costos energéticos y ambientales. En México, algunas universidades, como el Centro de Investigación en Energía de la Universidad Nacional Autónoma de México, el Instituto Tecnológico de Culiacán y la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, están desarrollando equipos de refrigeración y aire acondicionado solar para uso industrial y residencial.

REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN

Estas unidades de aire acondicionado utilizan electricidad y son básicamente bombas de calor que constan de un compresor hermético, un condensador, una válvula de expansión, un evaporador, ventiladores, ductos de refrigerante y controles de temperatura del aire y filtros.



El flujo de refrigeración por compresión funciona básicamente de la siguiente manera:

- El refrigerante en estado gaseoso aumenta su temperatura y presión al pasar por el compresor.
- El gas caliente con alta presión recorre un serpentín metálico llamado condensador, a través del cual pierde temperatura por contacto con el aire circundante y se vuelve líquido.
- Cuando el líquido pasa por la válvula de expansión pierde presión, y al circular por otro serpentín metálico, conocido como evaporador, absorbe el calor del entorno para poder transformarse de nuevo en gas.
- El aire caliente se hace circular con ventiladores por el evaporador, donde se enfría y pierde humedad por condensación.

Hasta hace algunos años, muchas de las unidades enfriadoras usaban el refrigerante sintético R22, también llamado monoclorodifluorometano. Hoy su uso es limitado e incluso está prohibido en instalaciones domésticas, por ser altamente dañino para la capa de ozono.

En su lugar se han utilizado otros gases refrigerantes, como el R410A, el R407C y el R134A, que tienen un potencial de destrucción de ozono muy bajo o nulo. El inconveniente con estos refrigerantes es que algunos son inflamables, en general trabajan a presiones mayores, y tienen un potencial de calentamiento global (GWP, por sus siglas en inglés) muy similar al del R22.



Una posibilidad es que todo el aire que enfría el aparato provenga de la misma habitación que se acondiciona, o también puede tratarse de aire fresco y aire del cuarto mezclados.

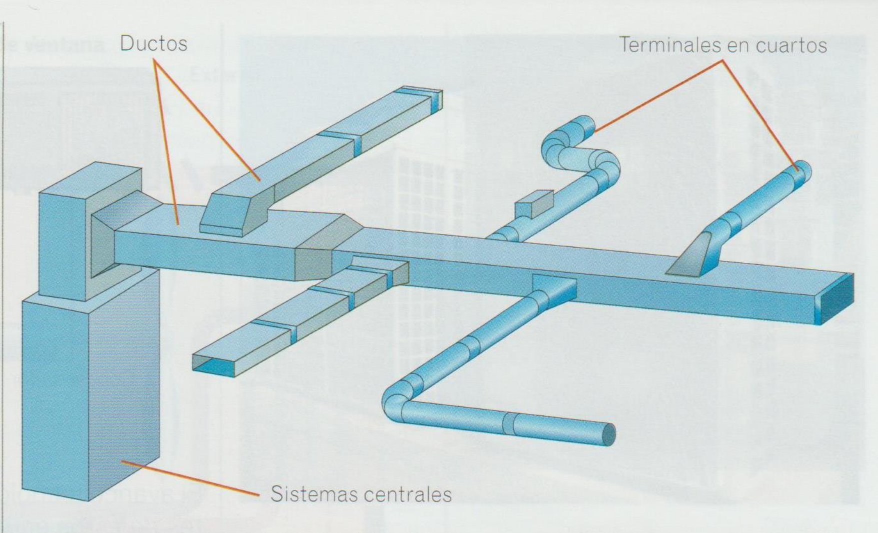
El aire frío que sale del evaporador con una temperatura de entre 4 y 10 °C es un aire saturado, esto es, tiene una humedad relativa de 100 %, pero al combinarse con el aire más caliente del cuarto, la mezcla resultante adquiere una humedad relativa baja, con un nivel confortable.

TIPOS DE ENFRIADORES DE AIRE

Los enfriadores por compresión se pueden agrupar en tres categorías: unidades centrales, unidades remotas y unidades de cuarto.

Unidades centrales

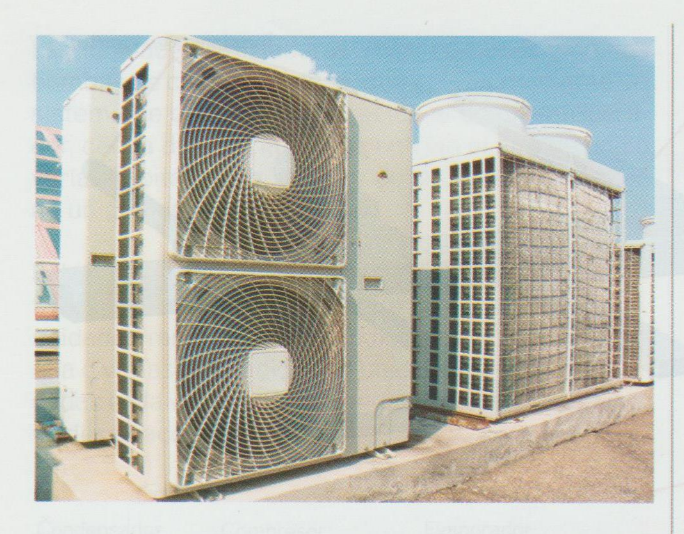
Las unidades centrales son equipos grandes con un condensador y un solo evaporador central, desde donde se distribuye el frío a las habitaciones a través de un sistema de ductos que salen del evaporador y regresan al condensador central.





Los sistemas centrales suelen colocarse fuera de los edificios o en los techos, aunque también pueden instalarse en su interior, en un lugar con suficiente ventilación para disipar el calor absorbido.

Por lo general, los sistemas centrales se colocan en edificios concebidos para ello, diseñados para contener los ductos e instalaciones necesarias, además de mantener cierta hermeticidad para evitar intercambios de aire no controlados entre el interior y el exterior. Es poco común, pero es posible acoplar un sistema central a un edificio ya construido, aunque éste no haya sido pensado para utilizar una unidad de aire acondicionado central.

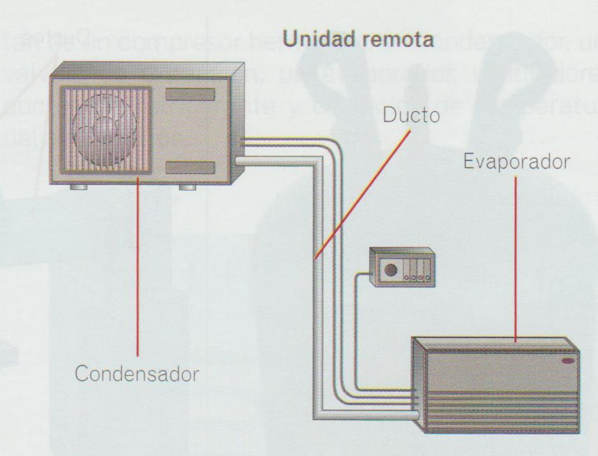


Las unidades centrales pueden ser de dos tipos: las que envían aire frío por los ductos o las que utilizan un líquido caloportador que absorbe calor en los cuartos por medio de tuberías, llamadas sistemas de techos fríos, que son similares a las tuberías de distribución de calor radiante.



Unidades remotas

Las unidades remotas, también conocidas como *minisplit* o *multisplit*, son aparatos medianos, compuestos por un condensador central y diversos evaporadores, ubicados en el interior de los cuartos y conectados a través de los ductos que conducen el refrigerante. Algunas de estas unidades son reversibles, por lo que pueden enfriar en verano y calentar en invierno. Con una válvula solenoide que invierte la dirección del flujo del refrigerante, se transforma el evaporador en condensador y viceversa, bombeando calor al interior en vez de extraerlo.



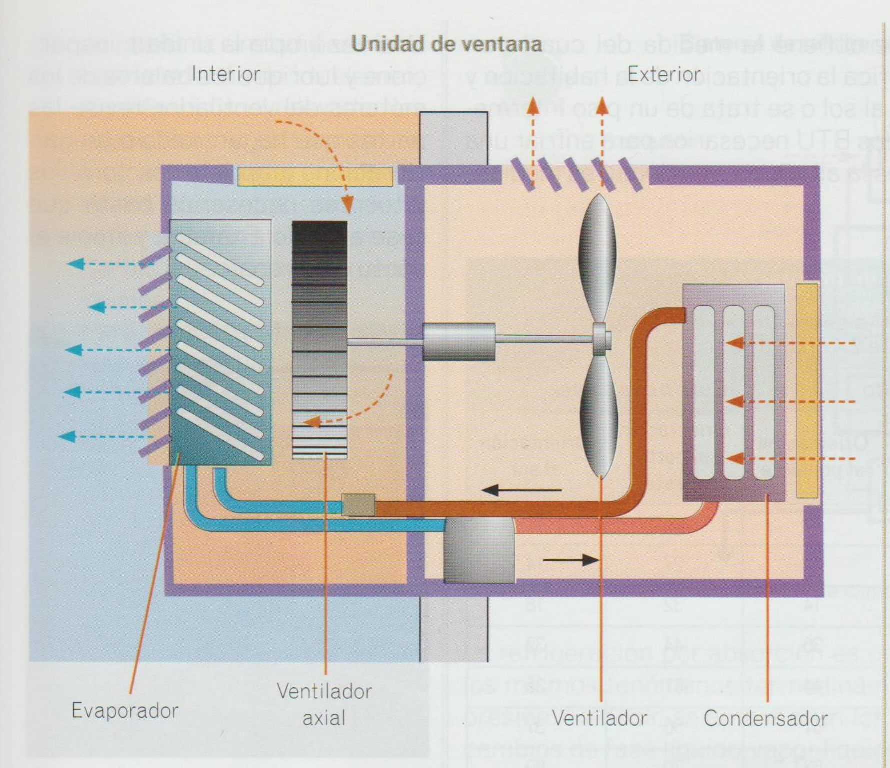
El avance tecnológico ha permitido que los fabricantes de estos equipos desarrollen unidades cada vez más eficientes, silenciosas y ahorradoras de energía eléctrica. Por ejemplo, los *minisplit inverter* cuentan con un sistema que convierte la corriente alterna (mediante un rectificador) en corriente directa; luego, utilizando un inversor, la corriente vuelve a ser alterna, pero por medio de una tarjeta de control conectada a los sensores se determina la frecuencia necesaria del sistema. Así, el compresor puede trabajar a diferentes velocidades y de manera constante, según el requerimiento del momento. Estos sistemas consumen entre un 30 y 60 % menos electricidad, en comparación con los *minisplit* tradicionales.

Unidades de cuarto

Las unidades de cuarto están diseñadas para enfriar el aire de una sola habitación y son equipos muy pequeños, principalmente de dos tipos: unidades que sirven sólo para enfriar durante la temporada de calor y que constan de una unidad de refrigeración; y unidades que enfrían cuando hace calor y elevan la temperatura cuando hace frío, las cuales se componen de un sistema de refrigeración y un sistema de calentamiento por resistencia eléctrica.

Las unidades de cuarto están disponibles en diferentes variedades: las unidades de ventana que, como su nombre lo indica, se colocan en un marco de ventana, las unidades de pared y las unidades de gabinete. Estas últimas se colocan total o parcialmente dentro del cuarto, con una salida de aire caliente al exterior.

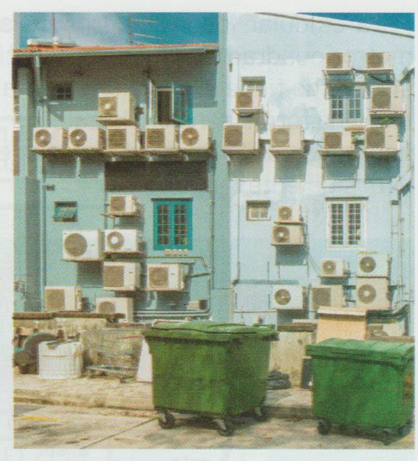
Las unidades de ventana se componen de dos partes: una se ubica dentro del cuarto y otra se coloca en el exterior del edificio. La parte del interior, donde se alojan el evaporador, el filtro y un ventilador para el condensador, está separada de la sección exterior por una placa aislante que ayuda a reducir el ruido y la transmisión de calor. La parte exterior es más grande porque contiene el compresor hermético, el condensador y un ventilador para el condensador.



De preferencia, el aparato de aire acondicionado debe instalarse en una ventana ubicada en alguna parte sombreada; si no es el caso, se puede colocar una protección para evitar que esté bajo los rayos directos del sol.

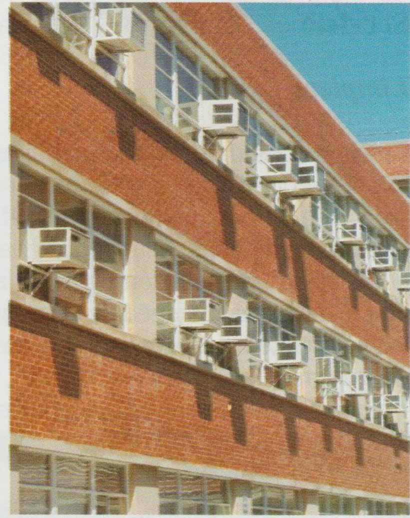


Actualmente, las unidades de ventana se siguen utilizando y fabricando, aunque el desarrollo de sistemas más eficientes ha propiciado su desuso, por consumir más electricidad, generar más ruido y ser poco estéticas.



Capacidad

Debe haber una correspondencia correcta entre la capacidad del equipo y el tamaño del espacio que se pretende enfriar. Si se quiere enfriar una habitación grande y se utiliza un equipo pequeño, éste será insuficiente y el consumo de energía será muy elevado; por el contrario, un equipo demasiado grande para un espacio pequeño resulta un gasto innecesario.



La capacidad de un equipo de aire acondicionado se mide por su alcance para remover el calor de un espacio. La medida utilizada es BTU por hora (*British thermal units* o unidades británicas de calor). Estas unidades se refieren al calor que se requiere para elevar la temperatura de una libra (igual a 454 g) de agua pura en un grado Fahrenheit.

Para calcular los BTU, primero se obtiene la medida del cuarto en metros cuadrados, y luego se identifica la orientación de la habitación y si el techo tiene exposición directa al sol o se trata de un piso intermedio. Una forma sencilla de calcular los BTU necesarios para enfriar una habitación de 2.4 m de altura (que es la altura convencional) es mediante el siguiente cuadro:

Enfriamiento de un cuarto					
Capacidad aproximada en BTU	Espacio en m² a ser enfriado, con techo de 2.4 m de alto				
	Cuarto con segundo piso			*Cuarto con azotea*	
	Orientación al norte o este	Orientación al sur	Orientación al poniente	Orientación al norte o este	Orientación al sur
6,000	37	19	9	23	11
7,000	46	23	12	27	14
8,000	54	28	14	32	18
10,000	70	41	36	44	32
12,000	85	54	44	51	35
13,000	93	61	51	56	37
16,000	120	90	53	70	60

Por ejemplo, si buscamos en la tabla un cuarto que mide 28 m², con un piso arriba y una pared exterior ubicada hacia el sur, encontraremos que el cuarto requiere cerca de 8,000 BTU por hora.

Servicio

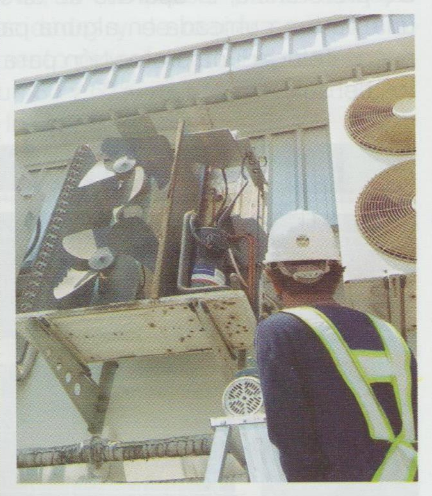
Limpieza

Las unidades de cuarto deben limpiarse, como mínimo, dos veces por año. El procedimiento debe incluir el aspirado de todo el polvo acumulado en el interior, incluso en el filtro; el lavado del filtro; la limpieza de la cubierta, el condensador y las aspas de los ventiladores, con un paño húmedo en una solución de agua jabonosa, y la limpieza de las ranuras de entrada y salida del aire, con especial cuidado de no forzar ni doblar las ventilas del evaporador para no perder el balance o dañar el sistema de movimiento.



Una vez limpia la unidad, inspeccione y lubrique los baleros de los motores del ventilador, revise las partes que hagan ruido o tengan vibración, y apriete los tornillos y tuercas necesarios hasta que cese el ruido. Examine y limpie el ducto del drenaje.





Revisión de fallas

La revisión y corrección de fallas en una unidad de aire acondicionado de cuarto se hace de manera similar que con un refrigerador doméstico o comercial. Toda la instalación eléctrica y el sistema de flujo del aire pueden revisarse prácticamente en el mismo sitio, sin necesidad de retirar la unidad.

- Muchas de las unidades tienen una placa desmontable a un lado de la sección que va dentro del cuarto. Esta placa se quita sin necesidad

de mover la unidad para facilitar la revisión de los elementos eléctricos: el relevador, los capacitores y el termostato. En caso de falla en alguno de los elementos eléctricos, éstos deberán sustituirse por partes nuevas exactamente iguales.

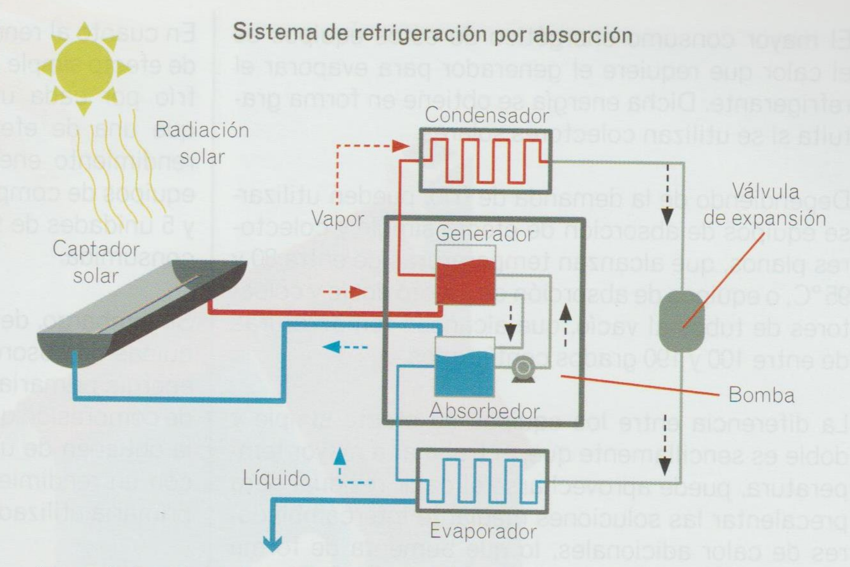
- Para detectar fallas en el motor, se utiliza principalmente el voltímetro-óhmetro-amperímetro.
- Con el voltímetro, verifique los voltajes de la corriente que llegan a la toma y de la corriente que llega a los motores del compresor hermético y los ventiladores.
- Con el óhmetro revise la continuidad en los motores.
- Con el amperímetro mida el consumo de corriente.

AIRE ACONDICIONADO SOLAR, FRÍO SOLAR Y SISTEMAS DE ABSORCIÓN

La mayoría de los aparatos eléctricos pueden funcionar con energía proveniente de celdas solares fotovoltaicas, incluso los aires acondicionados. Actualmente se venden aires acondicionados adaptados para alternar energía solar y electricidad proveniente de la red, lo cual constituye un ahorro en la cuenta del consumo eléctrico, sobre todo durante los meses de verano, que es cuando hay mayor incidencia de radiación y más se necesita enfriar el aire.

Sin embargo, cuando hablamos de aire acondicionado solar o frío solar, no nos referimos a la utilización de celdas fotovoltaicas, sino a aparatos de enfriamiento que utilizan la energía solar térmica para producir frío mediante un sistema de refrigeración por absorción o refrigeración por compresión térmica, cuyo rendimiento energético es muy superior al de la producción de energía eléctrica solar.

Sistema de refrigeración por absorción



La refrigeración por absorción es un proceso fisicoquímico basado en los mismos fenómenos termodinámicos que la refrigeración por compresión. Es decir, se aprovechan los flujos de calor necesarios para los cambios de fase líquido-vapor-líquido de un fluido refrigerante a distintas presiones, sólo que, en lugar de contar con un compresor mecánico, se utiliza un compresor térmico basado en la capacidad que tiene una sustancia líquida para absorber a otra en estado gaseoso.

Utilizando un par de sustancias con cierta afinidad de disolución, como el agua (refrigerante) y el bromuro de litio (absorbente), se genera un ciclo de concentración y disolución capaz de sustituir al ciclo de compresión de los refrigerantes gaseosos. Esto permite aumentar la presión de la solución mediante una bomba, cuyo consumo eléctrico es muy inferior al de un compresor.

El flujo de refrigeración por absorción funciona en esencia de la siguiente manera:

- Una solución de refrigerante y de absorbente se calienta en un generador a alta presión hasta evaporar una parte del refrigerante, con lo cual se obtiene un flujo de vapor y una solución concentrada.
- El vapor del refrigerante pasa a un condensador, donde, por acción de un intercambiador de calor, pierde temperatura y se vuelve líquido antes de entrar en el evaporador. Por su parte, la solución concentrada se enfría mediante un intercambiador de calor antes de pasar al absorbedor.
- El refrigerante líquido pasa al evaporador, donde pierde presión mediante una válvula.
- Un intercambiador de calor, que se encuentra dentro del evaporador, suministra el calor necesario para que el refrigerante en su estado líquido a baja presión se expanda y cambie de fase a vapor. Este intercambiador es el serpentín por el que circula el agua (refrigerante secundario) que extrae el calor de las habitaciones, ya sea por medio de *fan-coils* (descritos en el capítulo 3) o un sistema radiante (de pisos y techos fríos).
- El vapor refrigerante de baja presión pasa al absorbedor. Ahí se pone en contacto con la solución concentrada fría, la cual reabsorbe el refrigerante y genera de nuevo una solución diluida, que pasa al generador para comenzar el ciclo otra vez.

El mayor consumo energético de estos equipos es el calor que requiere el generador para evaporar el refrigerante. Dicha energía se obtiene en forma gratuita si se utilizan colectores solares.

Dependiendo de la demanda de frío, pueden utilizarse equipos de absorción de efecto simple y colectores planos, que alcanzan temperaturas de entre 80 y 95 °C, o equipos de absorción de efecto doble y colectores de tubos al vacío, que alcanzan temperaturas de entre 100 y 190 grados centígrados.

La diferencia entre los equipos de efecto simple y doble es sencillamente que, al trabajar a mayor temperatura, puede aprovecharse el calor residual para precalentar las soluciones mediante intercambiadores de calor adicionales, lo que aumenta de forma considerable la eficiencia del equipo. En cualquier caso, utilizando agua-bromuro de litio, la temperatura que alcanzará el refrigerante secundario al salir del evaporador será de entre 6 y 16 grados centígrados.

El principal inconveniente de los equipos de absorción, comparados con los de aire acondicionado por compresión, es su elevado costo de compra e instalación. También son más voluminosos y requieren inmovilidad.

En cuanto al rendimiento, una máquina de absorción de efecto simple puede producir hasta 0.8 unidades de frío por cada unidad de calor entrante, mientras que una de efecto doble alcanza un cociente de rendimiento energético de 1.2, a diferencia de los equipos de compresión, que pueden producir entre 3 y 5 unidades de frío por cada unidad de electricidad consumida.

Sin embargo, debemos tomar en cuenta que las máquinas de absorción solares utilizan principalmente energía primaria gratuita, mientras que los aparatos de compresión que utilizan energía eléctrica de la red la obtienen de una toma de corriente, a la que llega con un rendimiento inferior al 25 % sobre la energía primaria utilizada para generarla.

La tendencia mundial creciente hacia la utilización de energías renovables supondrá un aumento en el mercado de esta tecnología, lo cual permitirá una reducción de precio y mayor rentabilidad frente al creciente costo de los combustibles fósiles y la energía eléctrica de la red. Por consiguiente, estos equipos representan una alternativa económicamente costeable y de menor impacto ambiental en un futuro próximo.



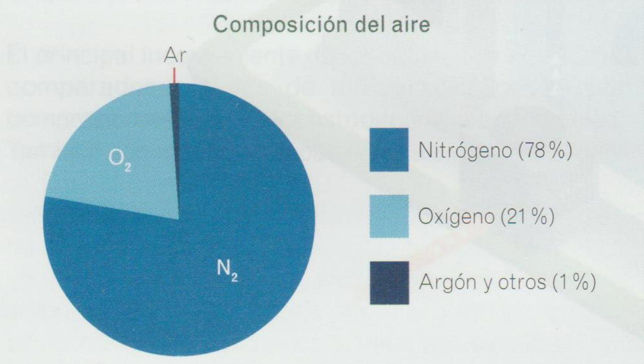
Capítulo 4

Calidad del aire

Los espacios habitados cerrados tienen que ventilarse regularmente para poder remover el exceso de dióxido de carbono (CO_2) y suministrar un buen contenido de oxígeno.

La mejor vía para remover el exceso de dióxido de carbono es la ventilación, facilitando la entrada de aire fresco al interior a través de ventanas, puertas y rendijas. En algunos lugares, sin embargo, no resulta conveniente la entrada directa del aire exterior, porque éste puede estar contaminado, estar demasiado frío o caliente, puede contener mucha o muy poca humedad y, además, arrastrar polvo y otras partículas indeseables al interior del espacio a climatizar.

El aire que respiramos es una mezcla de gases, sobre todo de nitrógeno y oxígeno, en una proporción aproximada de 78 y 21 % respectivamente. Al respirar absorbemos parte de ese oxígeno y exhalamos una cantidad similar de dióxido de carbono. En un lugar cerrado, si el dióxido de carbono acumulado por la respiración alcanza el 2 % de concentración en el aire, se tiene una sensación de malestar, dificultades respiratorias y otros síntomas que se agravan con el aumento en dicha concentración.



Los sistemas de aire acondicionado que trabajan con flujos de aire proporcionan una ventilación limpia a una temperatura y humedad controladas, con una proporción de oxígeno óptima para cada habitación, e incluso una buena cantidad de aire fresco del exterior, la cual se acondiciona y se filtra antes de introducirse a las habitaciones.

Las unidades de cuarto tienen un filtro y una entrada para el aire fresco. No obstante, cuando se requiere controlar la calidad del aire en un edificio, lo mejor es utilizar sistemas centrales. Cuando se implementan estos sistemas, se planifica el mayor hermetismo posible desde el diseño con el fin de evitar la entrada de aire del exterior y la salida del aire acondicionado.

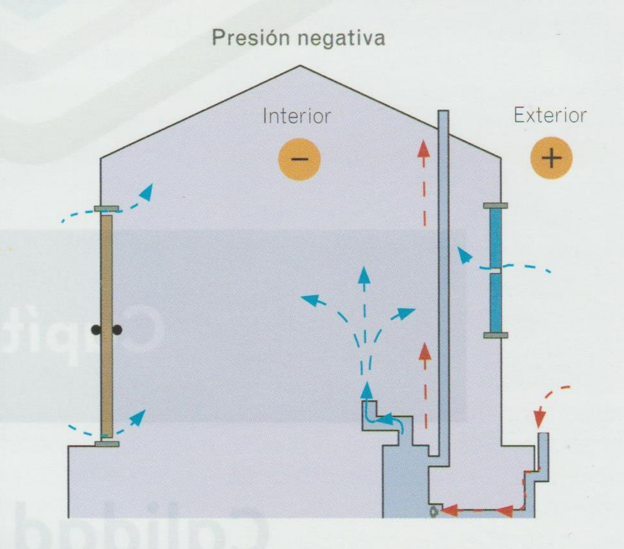
Para mantener el aire de un edificio cerrado dentro de los niveles de confort, se debe introducir suficiente aire fresco del exterior para que sustituya varias veces el volumen total de aire del interior en un periodo corto. Esto se llama renovación del aire. Se mide en cambios de aire por hora y, según la cantidad de personas y las actividades que se efectúan en cada espacio, se recomiendan distintas cantidades de cambios por hora.



PRESIONES NEGATIVAS Y POSITIVAS

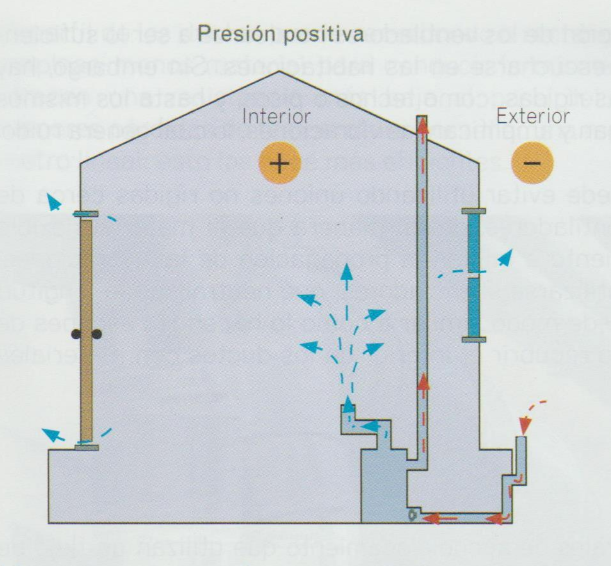
La presión es una medida de fuerza ejercida sobre un área. La presión de un fluido dentro de un contenedor cerrado es una medida de la fuerza con que sus moléculas chocan contra las paredes, como se vio en capítulos anteriores.

Cuando hablamos de presión negativa, significa que la presión ejercida por el fluido en el interior de un contenedor es menor que la ejercida por la atmósfera en el exterior. Esto implica que, si abrimos momentáneamente el contenedor, el aire del exterior tenderá a entrar en el contenedor hasta igualar la presión en ambos lados de la pared del contenedor.



Si consideramos que el contenedor es un edificio con cierto grado de hermetismo, la presión negativa dentro de éste ocasionará la entrada de aire del exterior por las puertas, ventanas y rendijas no selladas, por lo que disminuirá la eficiencia del sistema de acondicionamiento de aire.

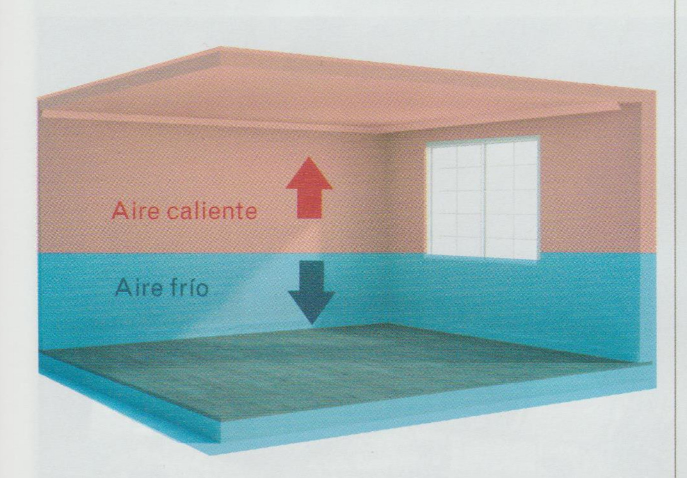
Para evitar la entrada de aire no acondicionado desde el exterior, suele mantenerse una presión positiva en el interior del edificio, es decir, ligeramente por encima de la presión atmosférica exterior. Así, el aire acondicionado del interior empuja hacia fuera con mayor fuerza en puertas, ventanas y rendijas, con lo cual se evitan las entradas indeseadas de aire.



Mantener una presión positiva de los servicios sanitarios y las cocinas entre 5 y 10% menos que el resto del edificio puede evitar la dispersión de olores dentro del mismo.

CORRIENTES DE AIRE

El aire, como cualquier otro fluido dentro de un contenedor cerrado, se estratifica de manera natural si no se mueve o se mueve muy poco. Esto significa que el aire caliente tiende a subir y el aire frío a bajar, creándose una bolsa de aire caliente cerca del techo y otra de aire frío cerca del piso.



Es muy importante que esto se considere al colocar las salidas de aire y los retornos en cada habitación, de manera que se favorezca la circulación y el acondicionamiento del aire, en especial en habitaciones grandes, donde el aire tiende a estratificarse más.

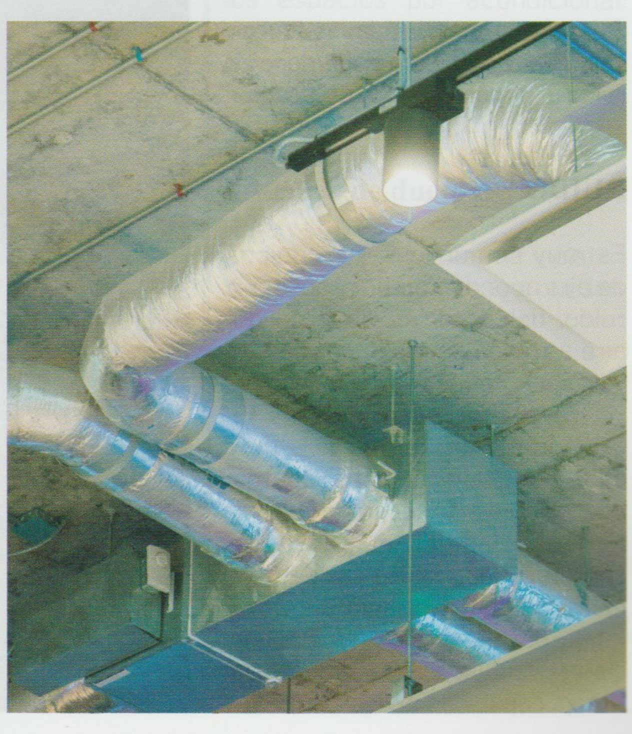
Si se desea enfriar una habitación, lo más conveniente es colocar los retornos de aire caliente en la parte alta, donde éste se acumula normalmente. Así, el aire frío que entre en la habitación empujará al aire caliente fuera de ésta.



Si, por el contrario, se desea calentar una habitación durante el invierno, las rejillas de retorno deben colocarse en la parte baja para retirar el aire más frío, que desciende de forma natural.

Otra recomendación es evitar que la entrada de aire interfiera con el flujo del retorno, o que el retorno corte la circulación del aire que entra, regresándolo antes de climatizar la habitación.

El aire que sale del sistema de acondicionamiento viaja a través de los ductos por una diferencia de presión. Se mueve desde las zonas de alta presión hacia las zonas de baja presión. La diferencia de presión entre la entrada y la salida determina la velocidad del aire: a mayor diferencia, mayor velocidad.



Una velocidad muy alta en el movimiento del aire puede causar cierta molestia. Por lo general, el aire que corre a más de medio kilómetro por hora en una habitación se percibe ya como una corriente de aire incómoda.

Colocar las rejillas que arrojan el aire en la parte más alta de una habitación permite que la corriente se disperse antes de llegar a las personas, con lo cual se elimina la sensación de ráfagas molestas. Otra solución para evitar las corrientes directas hacia las personas consiste en colocar difusores en las salidas de aire.



Además de las velocidades excesivas, el aire tampoco debe generar ruido al circular por los ductos.

RUIDO

Es muy común que los equipos de aire acondicionado produzcan ruido, debido al movimiento del aire a través de los ductos o a la vibración de los ventiladores.

Cuando el aire se mueve a muy alta velocidad por los ductos, puede convertirse en una gran fuente de ruido. El ruido suele presentarse cuando los bordes del metal producen turbulencia en el flujo, o cuando se aumenta la potencia del ventilador para compensar la baja capacidad de los ductos.

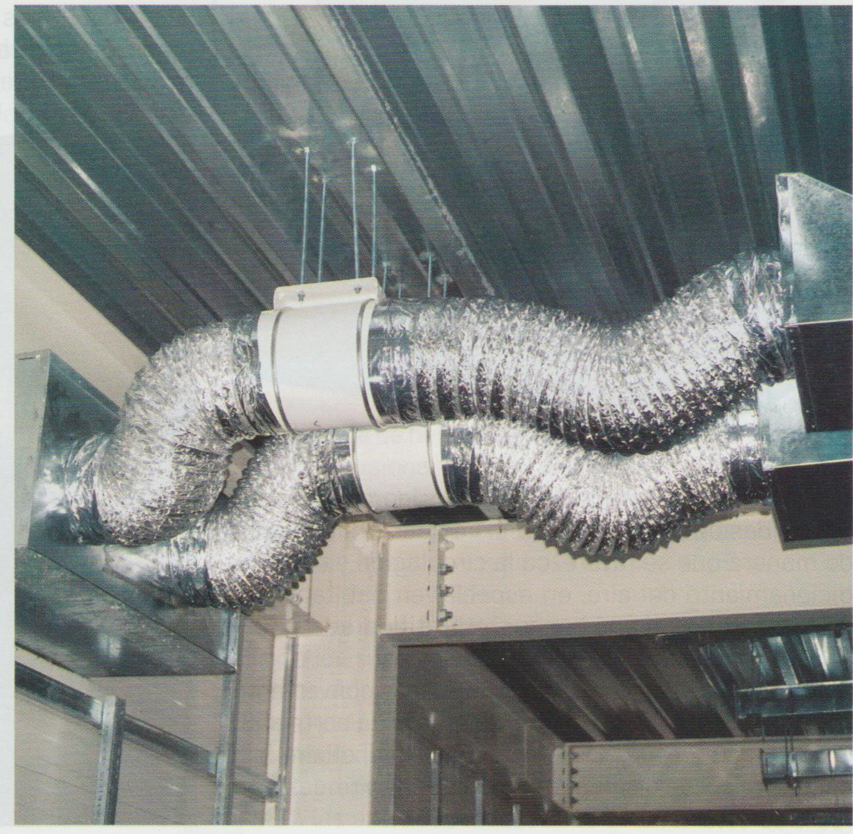
A menudo, la vibración de los ventiladores no alcanza a ser lo suficientemente alta para escucharse en las habitaciones. Sin embargo, hay algunas estructuras rígidas, como techos o pisos, y hasta los mismos ductos, que propagan y amplifican las vibraciones, lo cual genera ruido.

Este efecto se puede evitar utilizando uniones no rígidas cerca de la salida de los ventiladores, de tal manera que el material flexible absorba el movimiento e impida la propagación de las vibraciones. También pueden utilizarse silenciadores, que neutralizan la longitud de onda del ruido –de modo similar a como lo hacen los escapes de los automóviles–, o recubrir el interior de los ductos con materiales acústicos.

DUCTOS

Los sistemas centrales de acondicionamiento que utilizan un flujo de aire requieren un sistema de ductos para transportarlo desde la unidad acondicionadora hasta las habitaciones, y de vuelta. Los ductos están hechos generalmente en pailería, trabajo de doblado y formado con láminas metálicas ligeras. Suelen elaborarse con lámina galvanizada o de aluminio, u otros materiales ligeros que soportan la baja presión en los ductos y las altas temperaturas, como el plástico, la madera o la cerámica.

El sistema de ductos puede dividirse en tres secciones, que se encargan de conducir el aire en diferentes condiciones. La primera está conformada por los ductos que salen de la unidad central y llevan el aire hacia las habitaciones; la segunda es la de retorno, que lleva el aire de vuelta a la unidad central, y la tercera se encarga de introducir aire fresco del exterior a la unidad central.



El perfil de los ductos puede ser redondo o rectangular. Los redondos emplean menos material para conducir la misma cantidad de aire, ofrecen una resistencia más baja al paso del aire, y presentan menores pérdidas de temperatura por tener una menor superficie por metro lineal; esto los hace más eficientes.





Los ductos rectangulares tienen la ventaja de que pueden adaptarse mejor a las paredes y los techos, lo que facilita su instalación. En general, las tuberías de aire que recorren una edificación van ocultas con plafones, aunque algunas tendencias arquitectónicas modernas han optado por mantenerlas visibles.

Para reducir la turbulencia en el interior, las conexiones y los codos de los ductos se elaboran siguiendo principios geométricos. Las uniones se hacen mediante diferentes dobleces de la lámina que permiten la expansión y contracción característica de los metales a diferentes temperaturas, con el fin de absorber los cambios dimensionales de los ductos en las uniones.



Normalmente se utiliza el mismo ducto para llevar el aire frío durante el verano que el que se usa para el aire caliente durante el invierno. Para agregar solidez a las uniones, los dobleces pueden ribetearse.

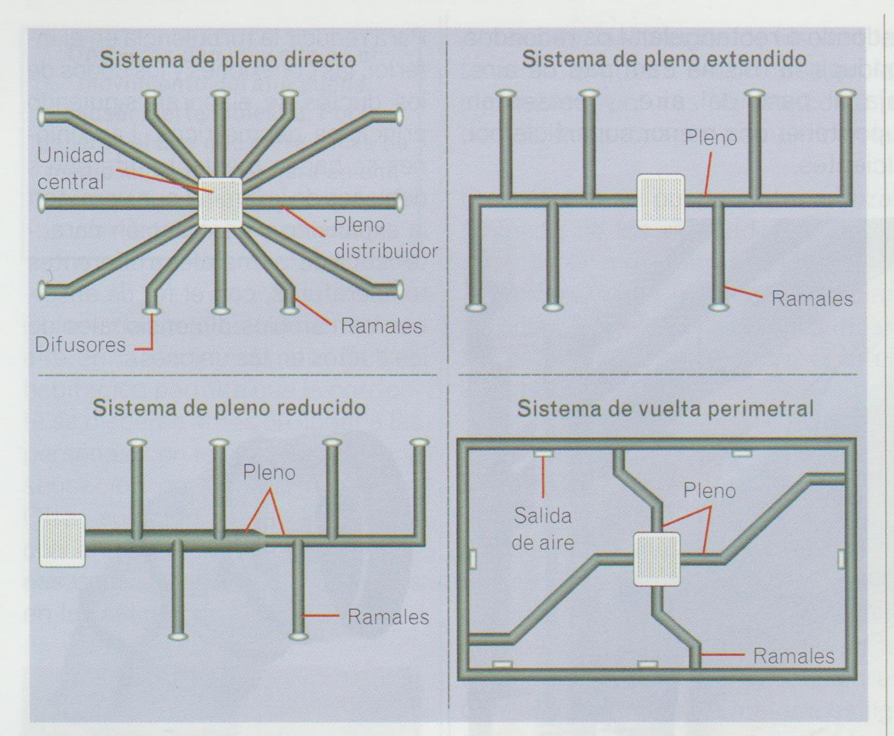
El tamaño o la capacidad de los ductos depende del volumen de los espacios por acondicionar y de las necesidades de calor o frío que se requieren en cada habitación.

Sistemas de ductos

Dependiendo de la forma y distribución de los ductos, se pueden distinguir cuatro sistemas:

1. De pleno directo
2. De pleno o tronco extendido
3. De pleno o tronco reducido
4. De vuelta perimetral

El pleno es un ducto con presión positiva que distribuye el aire a otros ductos denominados ramales, que conducen el aire hasta las rejillas y difusores de las habitaciones.



Sistema de pleno directo

Los sistemas de pleno directo tienen un tronco o distribuidor central del que salen todos los ramales directos hasta las rejillas de salida o los difusores, sin subdividirse en su trayecto.

Sistema de pleno extendido

El sistema de pleno extendido tiene un tronco de capacidad constante que llega hasta los puntos más lejanos para subdividir el flujo en ramales que salen a las rejillas de salida de los cuartos, colocados a lo largo de su trayecto.

Sistema de pleno reducido

En el sistema de pleno reducido, el tronco se reduce conforme el flujo se va dividiendo en ramales.

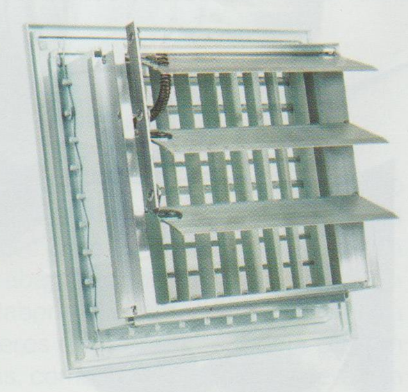
Sistema de vuelta perimetral

El sistema de vuelta perimetral es un ducto que forma un circuito en el piso cerca de las paredes, donde se encuentran también las salidas. Por lo general, este tipo de ducto va incorporado en el colado de concreto del piso.

Control y difusión del flujo

El flujo o corriente de aire que entra en las habitaciones se puede controlar mediante dispositivos como los registros, las rejillas, los difusores y las compuertas; los primeros son accesos a los ductos en puntos clave.

Las rejillas son piezas que se colocan frente a la salida del aire hacia la habitación, y que por medio de dos líneas de aletas paralelas giratorias, unas verticales y otras horizontales, concentran el flujo de aire en una dirección específica, con lo cual afectan la distancia y amplitud de la ráfaga que se introduce en la habitación.



Los difusores son rejillas con aletas concéntricas que, en lugar de concentrar el aire que entra en los cuartos, lo extienden, lo dispersan y lo difunden en todas direcciones en la habitación.



Las compuertas son una especie de válvulas que controlan el flujo de aire en cada ramal y permiten una distribución equilibrada o regulada del flujo hacia las distintas habitaciones.

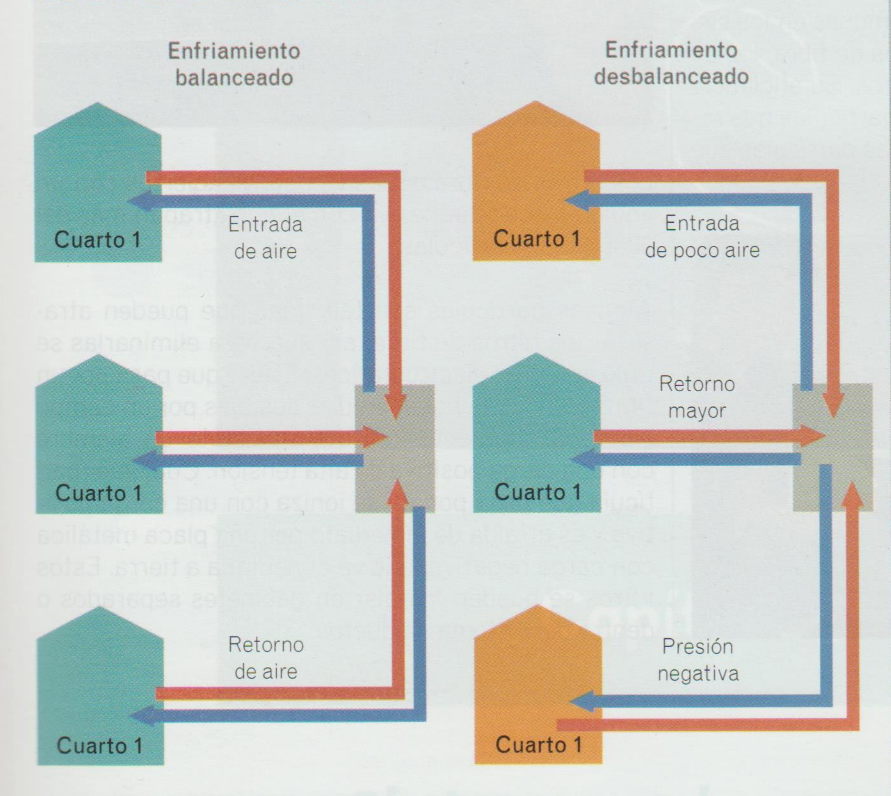
Pueden ser de distintos tipos, según su forma de operación; las más comunes son las de mariposa, las de hoja múltiple, las de diafragma y los divisores.

Las compuertas se pueden abrir y cerrar de manera manual o automática, mediante pequeños motores eléctricos que las abren y cierran de forma directa, o con motores que actúan sobre un sistema hidráulico o neumático, que multiplican su potencia.

Abriendo y cerrando las compuertas se puede regular el balance del flujo de aire para que cada habitación reciba la cantidad necesaria de aire según su tamaño, la actividad que se realiza en ella y los requerimientos específicos de diferencias de presión para la contención de olores.

BALANCE DEL SISTEMA

Para poner en balance el flujo de aire que entra en una habitación, es necesario equilibrarlo con el flujo de aire de retorno, resultado del empuje del aire que entra en la habitación y de la presión negativa que generan los ventiladores en los ductos de retorno.



El balance del sistema requiere que los ductos tengan el tamaño correcto para permitir el flujo necesario hacia cada habitación. La regulación de las compuertas es una forma de ajuste fino para asegurarse de que cada cuarto recibe la cantidad correcta de aire.

Cuando la cantidad de aire que entra en un cuarto es menor que la cantidad de aire que retorna se genera una presión negativa, la cual tenderá a compensarse jalando más aire a ese cuarto y, por tanto, reducirá el flujo en los ramales más alejados. Esto se traduce en mayores diferencias de temperatura entre las habitaciones y menor renovación de aire en las más lejanas.

Si el sistema no está balanceado, puede haber otros problemas, como la generación de ruido en algunos ductos, diferencias en la humedad relativa y el estancamiento de aire en algunas habitaciones.

El balance puede hacerse midiendo la velocidad del aire en cada salida y retorno para calcular los flujos correspondientes, pero hay una forma más sencilla y práctica: medir la temperatura de cada habitación, lejos de cualquier fuente de calor o de frío, y ajustar las compuertas de cada cuarto por ensayo y error hasta que todos tengan la temperatura deseada.

Recordemos que los ductos de retorno se deben colocar en las zonas de estratificación de la habitación, dependiendo de si se quiere calentar o enfriar el ambiente. Para sacar el aire frío mientras se calienta el cuarto, se colocan en la parte baja, y cuando se quiere enfriar el cuarto, se ubican en la parte alta para sacar el aire caliente.

LIMPIEZA DEL AIRE

El problema de la contaminación del aire en las ciudades es cada día más grave: polvo, humo y gases contaminantes suelen ser arrastrados todos los días. Por ello, resulta cada vez más importante limpiar el aire que entra a edificios, hospitales, escuelas y fábricas.



Las unidades de aire acondicionado realizan la limpieza del aire por distintos medios y comúnmente pueden eliminar entre un 85 y 95 % de los contaminantes. El resto es muy difícil y costoso de quitar, por lo que su eliminación sólo se justifica en casos muy particulares.

El proceso de limpieza más frecuente es la eliminación de polvo y otras partículas sólidas mediante un filtro. Algunos filtros pueden retener partículas tan finas como las del humo.

Las brisas y algunos vapores de agua se eliminan parcialmente al condensarse cuando el aire pasa por el evaporador, de modo que salen por el drenaje del agua de condensación.

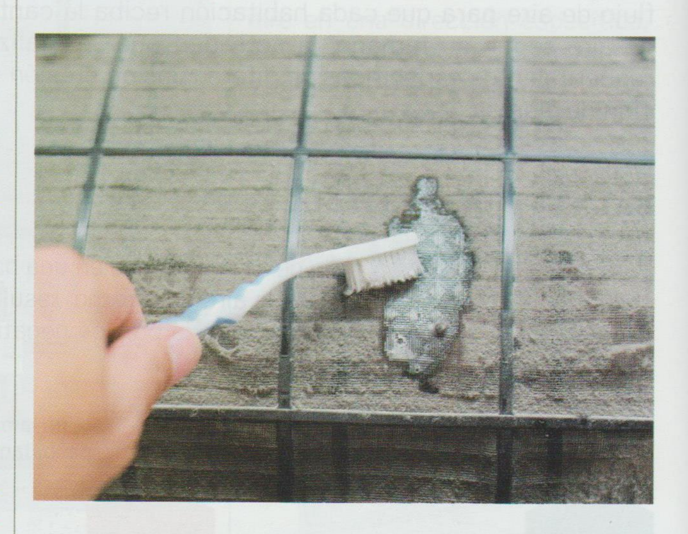
Algunos gases y vapores que no se condensan al pasar por el evaporador son más difíciles de quitar, pero cuando es necesario se pueden retener utilizando filtros de carbón activado.

FILTROS

Los tipos de filtro para polvo más comunes en los sistemas de climatización son los filtros de fibra, los de fibra con adhesivo y los electrostáticos. Su eficiencia depende del tamaño mínimo de las partículas que retienen y de la capacidad en peso de las partículas que pueden detener.

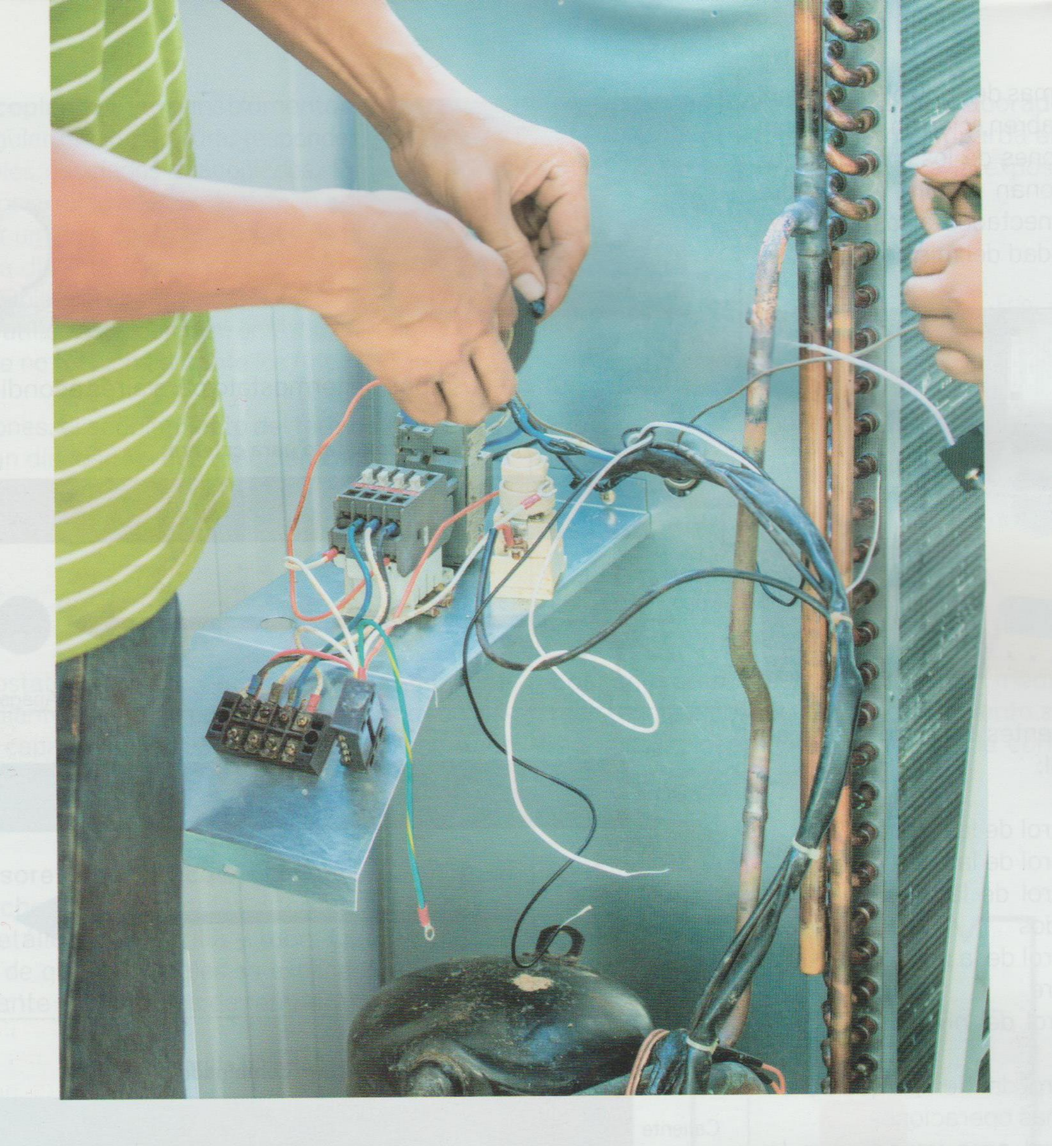


Algunos filtros pueden lavarse y reutilizarse, mientras que otros se usan una vez y se desechan. En general, los filtros de fibra son desechables, y deben cambiarse cuando se vean negros –indicio de que se han saturado de suciedad– o cuando se encuentren doblados o agujerados.



Los filtros de fibra adhesiva están cubiertos con un líquido o aceite adhesivo con el que atrapan más del 90 % de las partículas.

Algunas partículas son tan finas que pueden atravesar los filtros de fibra; así que para eliminarlas se utilizan filtros electrostáticos. El aire que pasa por un filtro de fibra se hace circular después por un campo eléctrico altamente ionizado mediante un alambre con una carga positiva de alta tensión. Cualquier partícula que pasa por ahí se ioniza con una carga positiva y es atraída de inmediato por una placa metálica con carga negativa, que va conectada a tierra. Estos filtros se pueden instalar en gabinetes separados o dentro del sistema de ductos.

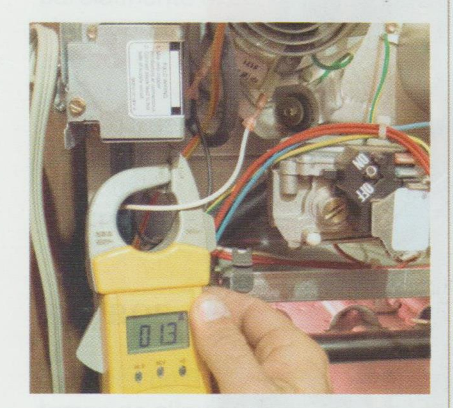


Capítulo 5

Sistemas de control

Se conoce como sistemas de control al conjunto de instrumentos que llevan a cabo la automatización de los sistemas, tanto eléctricos como mecánicos, del aire acondicionado, y que regulan los procesos para disminuir o elevar la temperatura y para humidificar o deshumidificar un ambiente.

Los sistemas de control encienden, apagan, abren, cierran y modulan las funciones de los aparatos que acondicionan el aire, y siempre están conectados a los sistemas de seguridad del mismo equipo.



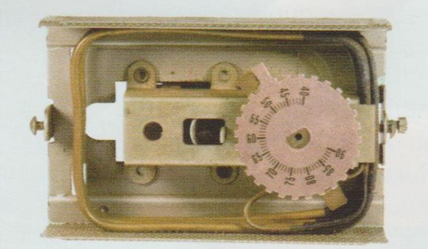
Hay diferentes tipos de sistemas de control:

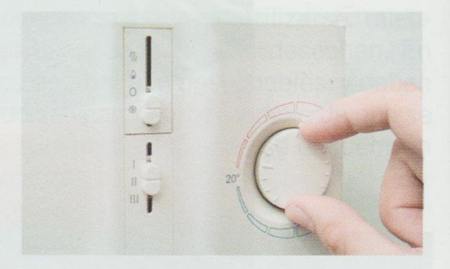
- Control de la temperatura
- Control de la humedad
- Control de la presión de los líquidos
- Control de la presión del flujo de aire
- Control del nivel de los líquidos
- Control del tiempo que duran algunas operaciones
- Control para impedir que la operación se realice por encima de los límites de seguridad

Los sistemas de control utilizan, para su operación, un componente que puede ser eléctrico, neumático, hidráulico, electrónico, o una combinación de éstos.

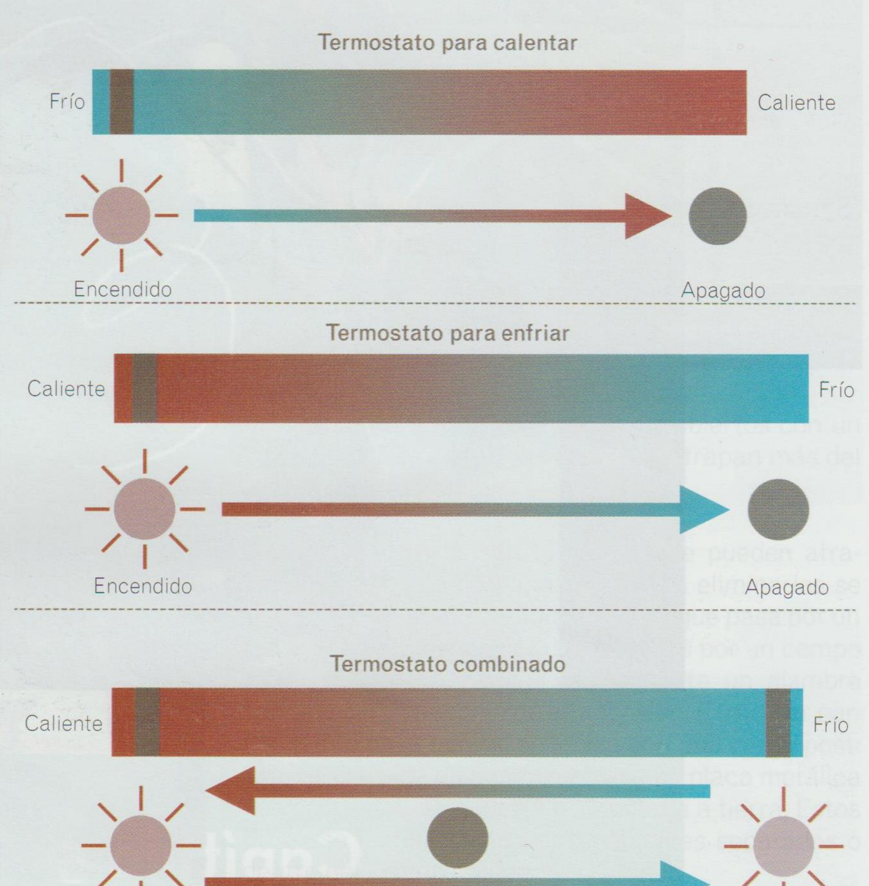
TERMOSTATOS

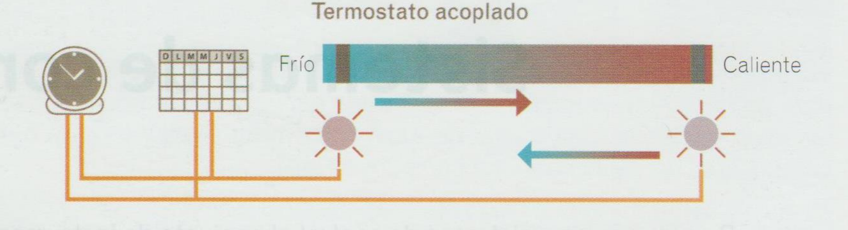
Como ya se ha dicho, el termostato es el tipo de control más común en los sistemas de aire acondicionado. Es un instrumento diseñado para reaccionar ante los cambios de temperatura, de manera que enciende o detiene el sistema en el momento en el que la atmósfera llega al nivel de temperatura programado.





Hay cuatro principales tipos de termostato para aires acondicionados:





1. **Para calentar.** Estos dispositivos arrancan el sistema cuando el ambiente se enfría y lo detienen cuando el calor llega al nivel adecuado.
2. **Para enfriar.** Funcionan de manera inversa a los que calientan. Encienden el sistema si el ambiente está caliente y lo detienen cuando se llega al límite requerido.
3. **Combinado.** Integran ambos mecanismos: los de enfriamiento y los de calefacción.

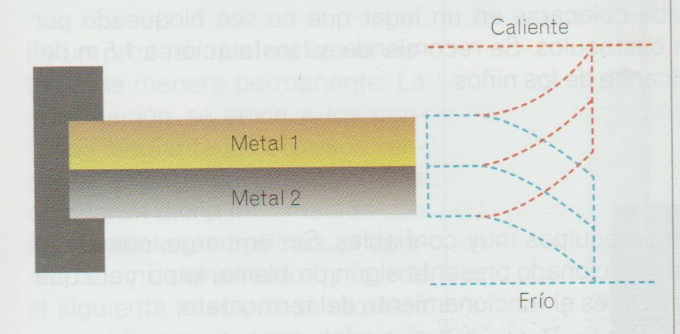
4. **Acoplado.** Estos instrumentos, además de regular la temperatura, responden a otros controles asociados o acoplados. Por ejemplo, la asociación o acoplamiento con un reloj permite, por un lado, que la regulación de la temperatura sea distinta de día y de noche. Por otro lado, posibilita el apagado del sistema los días que no se utilice éste, como en una oficina o una fábrica que no funciona durante los fines de semana.

En ocasiones, el acoplamiento del termostato se realiza con un dispositivo que reacciona ante el flujo, ya sea de aire, agua o vapor, para controlar al mismo tiempo el funcionamiento de las compuertas.

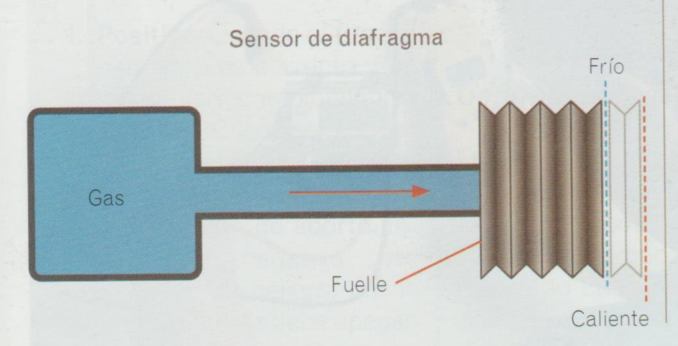
Sensores

Los termostatos registran y reaccionan a las temperaturas mediante distintos tipos de sensores, que son dispositivos capaces de reaccionar ante cambios físicos o químicos en el ambiente. Los sensores operan con distintos mecanismos; entre los más comunes están:

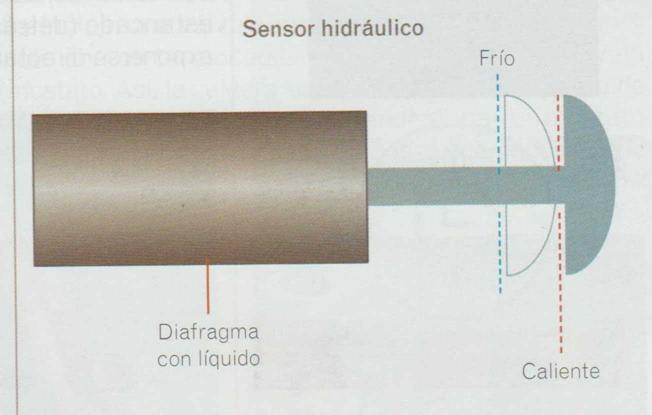
Los sensores bimetálicos. Llamados así porque están hechos de dos metales diferentes: son de varilla bimetálica o de varilla y tubo. Operan bajo el principio de que los metales se expanden de manera distinta ante los cambios de temperatura.



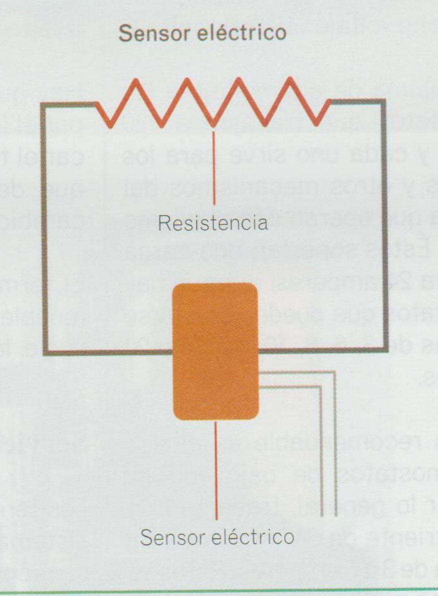
Los sensores de diafragma. Contienen un fuelle que se dilata y encoge cuando cambia la temperatura. Su funcionamiento se basa en la expansión que el gas experimenta con el calor.



Los sensores hidráulicos. Están elaborados con un diafragma que, en lugar de gas, guarda en su interior un líquido que se expande a la exposición con el calor.

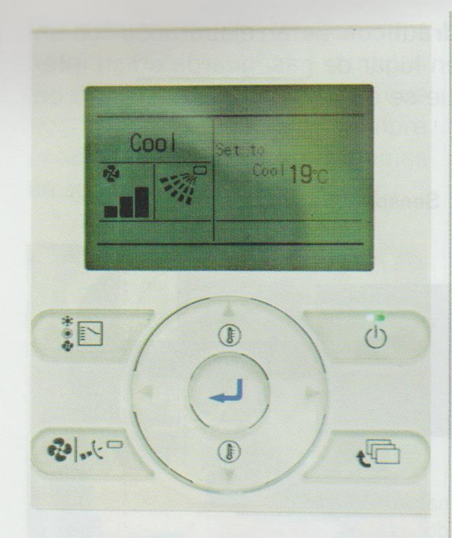


Los sensores eléctricos. Operan mediante una resistencia eléctrica. Su funcionamiento se basa en las fluctuaciones que experimenta la corriente con los cambios de temperatura.



Los sensores eléctricos han dado lugar a los termostatos electrónicos, los cuales pueden combinar en un mismo aparato sensores de temperatura, apagadores, relojes y diversas secuencias de funcionamiento.

Los sensores electrónicos. Estos dispositivos presentan muchas ventajas; por ejemplo, son totalmente programables para diferentes temperaturas, horas del día y días de la semana; tienen una carátula digital y funcionan con bajo voltaje; cuentan con un respaldo de batería que evita que pierdan la memoria de la programación en caso de una interrupción de la corriente, y es posible asociarlos o acoplarlos con otro tipo de controles.



VOLTAJE

Los diferentes termostatos también pueden clasificarse por el tipo de corriente con que operan. Los hay de alto voltaje y de bajo voltaje.

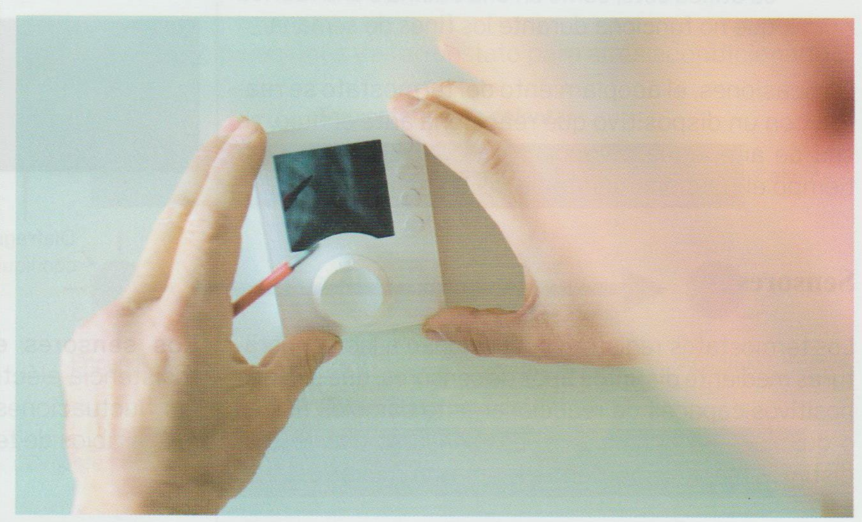
Se les llama de alto voltaje a los termostatos que trabajan a 120 o 240V, y cada uno sirve para los motores y otros mecanismos del sistema que operan con el mismo voltaje. Éstos soportan una carga de hasta 24 amperes, aunque hay termostatos que pueden ajustarse a cargas de 3, 6, 8, 10, 14, 16 o 20 amperes.

Lo más recomendable es el uso de termostatos de bajo voltaje, que, por lo general, trabajan con una corriente de 24V y una carga máxima de 3 a 5 amperes. Éstos se conectan a interruptores electromecánicos conocidos como relevadores, que reciben impulsos de bajo voltaje (entre 5 y 24V) para arrancar y detener sistemas que usan 120 o 240 volts.

La ventaja de los circuitos de bajo voltaje es que pueden soportar la corriente de la línea con una tensión de 120 o 240V, sin calentarse y sin sufrir daños por las fluctuaciones. Otra ventaja es que utilizan cable del número 18, que es delgado y económico, y posibilitan la concentración de los circuitos de la corriente normal.

Ubicación

La ubicación del termostato es muy importante para que el sensor reaccione a la temperatura promedio del cuarto. Los termostatos deben colocarse fuera de las corrientes y lejos de los sitios donde el aire queda estancado (detrás de las puertas o en las esquinas). Tampoco deben exponerse directamente a los rayos del sol.

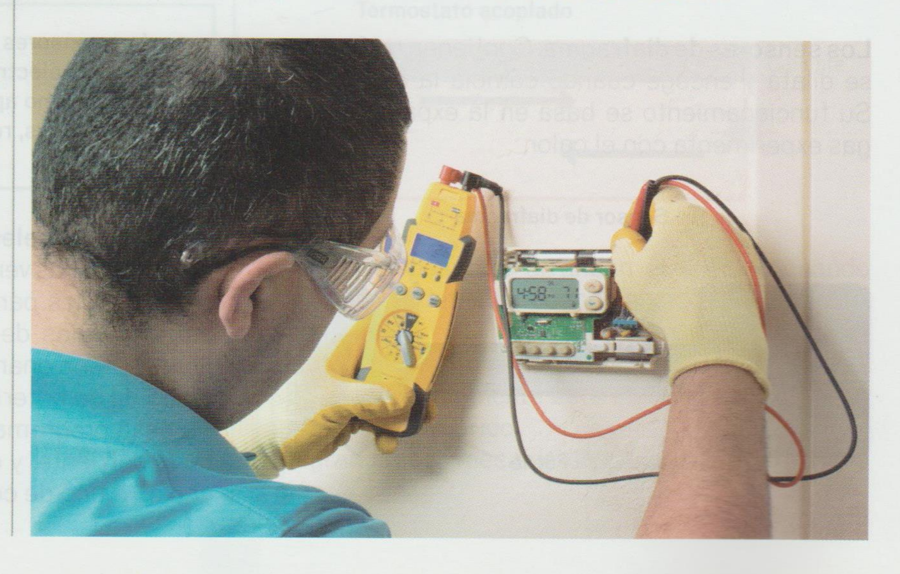


Hay que verificar que las tuberías de agua fría o caliente que pasan por el interior de las paredes no estén cerca de donde se piensa colocar el termostato. De igual forma, no deben instalarse sobre paredes que den al exterior, que se encuentren sujetas a los constantes cambios de temperatura.

El termostato debe colocarse en un lugar que no sea bloqueado por muebles ni otros obstáculos. Se recomienda su instalación a 1.5 m del suelo, lejos del alcance de los niños.

Servicio

Los termostatos son equipos muy confiables. Sin embargo, cuando el sistema de aire acondicionado presenta algún problema, lo primero que se recomienda revisar es el funcionamiento del termostato.



CONTROLES

Los controles para operar de forma automática los aparatos de aire acondicionado se agrupan en circuitos, y pueden clasificarse de la siguiente manera:

Controles primarios. Responden a los controles de operación, encendido y apagado de los elementos del sistema, como los ventiladores o el compresor. La mayoría de los controles primarios son los relevadores.

Controles de operación. Generalmente colocados en serie, son controles secuenciales que envían señales a los controles primarios para indicar al sistema cuándo se debe encender o apagar.

Controles de límite. Son dispositivos de seguridad que reaccionan ante condiciones extremas de peligro en la operación, ya sea apagando el sistema o restableciendo las condiciones seguras de operación.

Retroalimentación

Es un proceso que realiza el sistema de manera permanente. La información se envía a los controles mediante los diversos sensores. Enseguida, los controles comparan dicha información con las condiciones óptimas programadas, y determinan si procede el siguiente paso o si se requiere un ajuste previo para definir la operación del sistema.

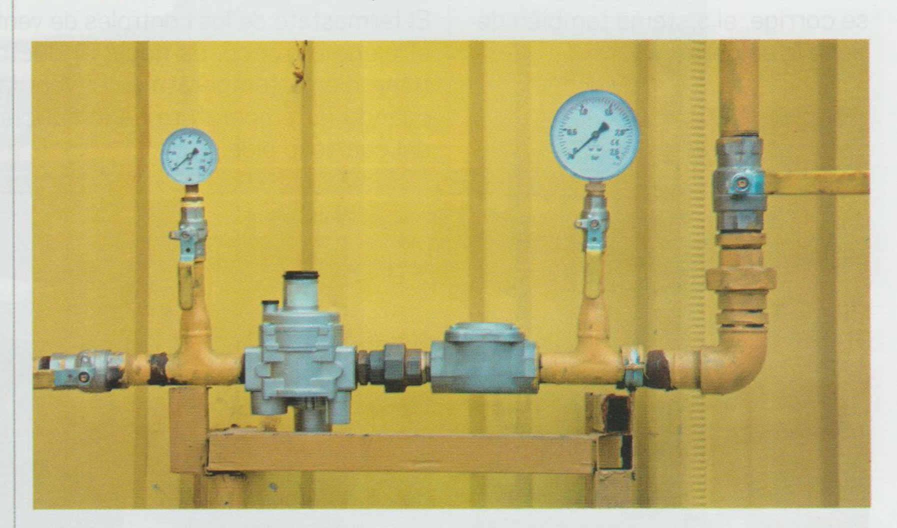
Entre los principales tipos de retroalimentación tenemos:

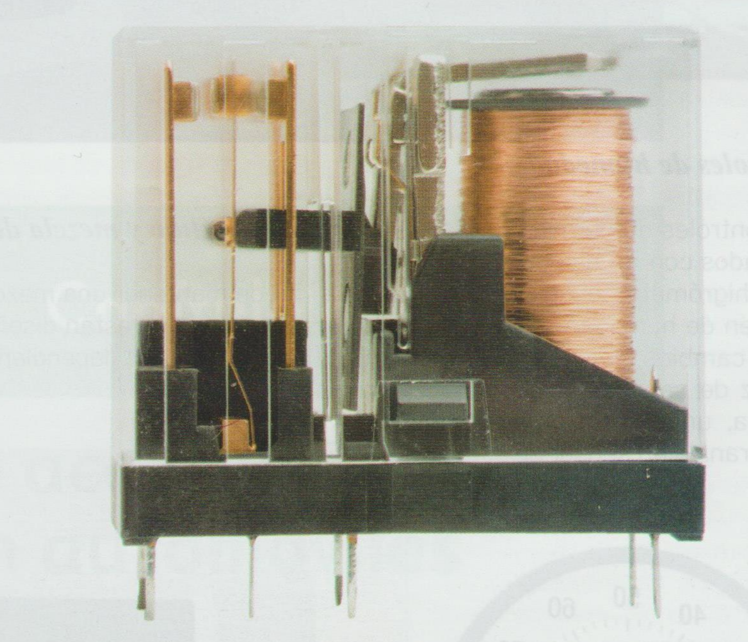
1. **Positiva.** Cuando el funcionamiento es correcto y no se requiere cambio alguno.
2. **Negativa.** Cuando el sistema opera debidamente y es necesario un ajuste programado.
3. **Información de aborto.** Información negativa pero extrema, de peligro, por lo que el sistema debe apagarse o modificarse enseguida.

Ejemplos de controles en serie

Controles de caldera de gas

Una caldera de gas tiene varios controles interconectados; desde la línea de gas, debe incluir una válvula manual de paso, un regulador de presión, un piloto con un termocople, un relevador de una válvula solenoide y un termostato. Así, la caldera se enciende sólo si la válvula de paso del gas está abierta, el piloto está encendido y el termostato abre la válvula solenoide que permite el paso del gas al quemador, donde se enciende con la llama del piloto.



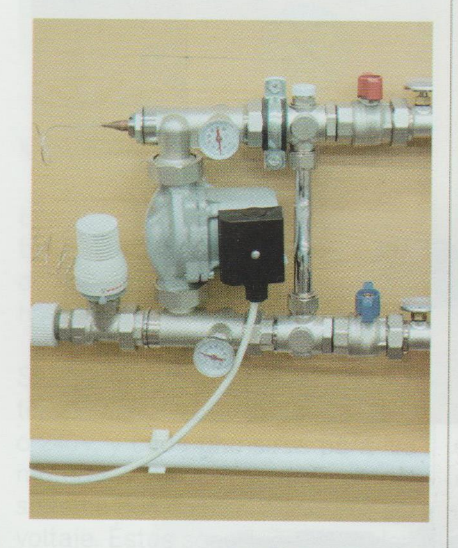


Controles de caldera de diésel

En una caldera de diésel, cuando el termostato cierra el circuito, el quemador se enciende y arranca el motor del quemador de cañón. Luego, el sistema de combustión empieza a despedir chispas entre los electrodos. Al mismo tiempo, un sensor de calor detecta el aumento de temperatura, lo cual indica que se ha encendido el combustible; en caso contrario, detiene la operación del motor y el encendido. Igualmente, si la temperatura de la flama es demasiado caliente, apaga el motor.

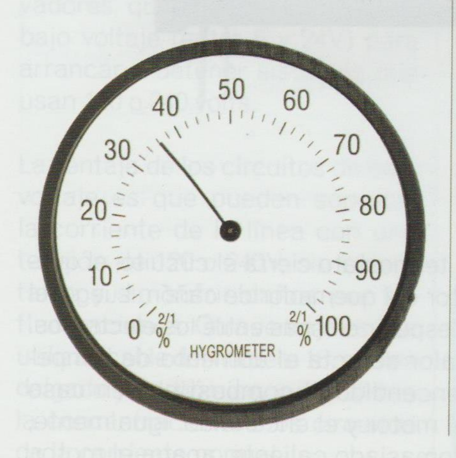
Sistema de calefacción con agua

El objetivo principal de estos sistemas es controlar los niveles de agua, sobre todo cuando se está produciendo vapor. Suelen consistir en un flotador que detiene la bomba y envía el agua al sistema cuando el líquido rebasa su nivel máximo. Si con ello el nivel aún no se corrige, el sistema también detiene la caldera.



Controles de humedad

Los controles de humedad están equipados con un dispositivo llamado higrómetro, el cual mide el volumen de humedad basándose en los cambios dimensionales en un haz de cabellos, un trozo de madera, un hilo de nailon, una membrana o un sensor de estado sólido.



La resistencia al paso de corriente se modifica con los cambios del volumen de humedad. Dependiendo de si la humedad es mayor o menor, el higrómetro envía señales a los controles, que responden a estos cambios con otras señales para que los motores operen, se abran o cierren determinadas compuertas del equipo, de manera que se optimice la mezcla de aire, o bien para que arranquen o detengan los dispositivos cuya función es agregar vapor de agua al aire acondicionado.

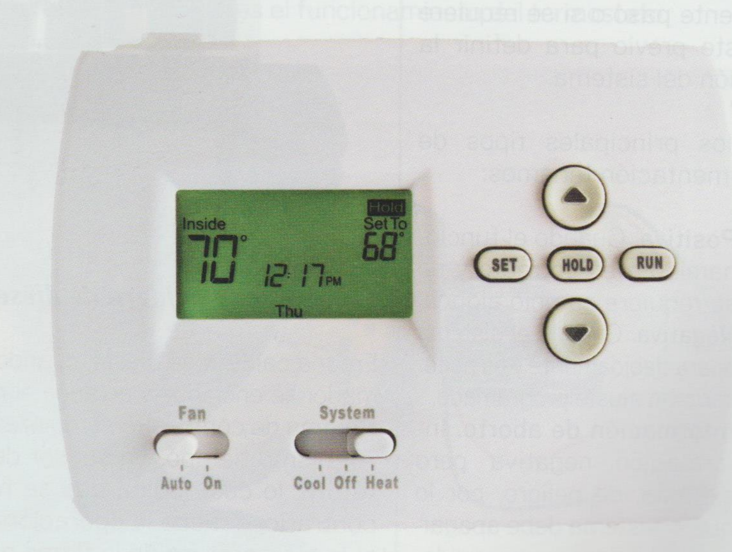
Controles de ventilación

El termostato de los controles de ventilación solamente se cierra cuando el pleno o tronco, es decir, el ducto principal que transporta el aire, tiene cierta temperatura. El ventilador sólo entra en funcionamiento cuando la temperatura es lo suficientemente elevada y el termostato del cuarto lo pide.



Controles de flujo y mezcla de aire

Con el fin de mantener una mezcla de aire adecuada, los controles del flujo y mezcla de aire están diseñados para abrir o cerrar sus compuertas de aire del exterior, dependiendo de si la temperatura de éste es muy baja o muy elevada.





Capítulo 6

Aire acondicionado en automóviles

Si bien un automóvil constituye un espacio reducido, debe tener la capacidad de enfriamiento suficiente para los días calurosos, además de las prestaciones que le permitan ofrecer calefacción en un día de frío invernal.

El sistema de aire acondicionado en automóviles enfría, calienta y deshumidifica el aire de su interior. Estos sistemas trabajan con los mismos principios que los sistemas domésticos y comerciales de acondicionamiento de aire o que un refrigerador doméstico, pero con algunas diferencias y características propias.



El compresor, por ejemplo, es impulsado por el motor del mismo automóvil mediante una banda, en lugar de un motor propio o una unidad hermética.

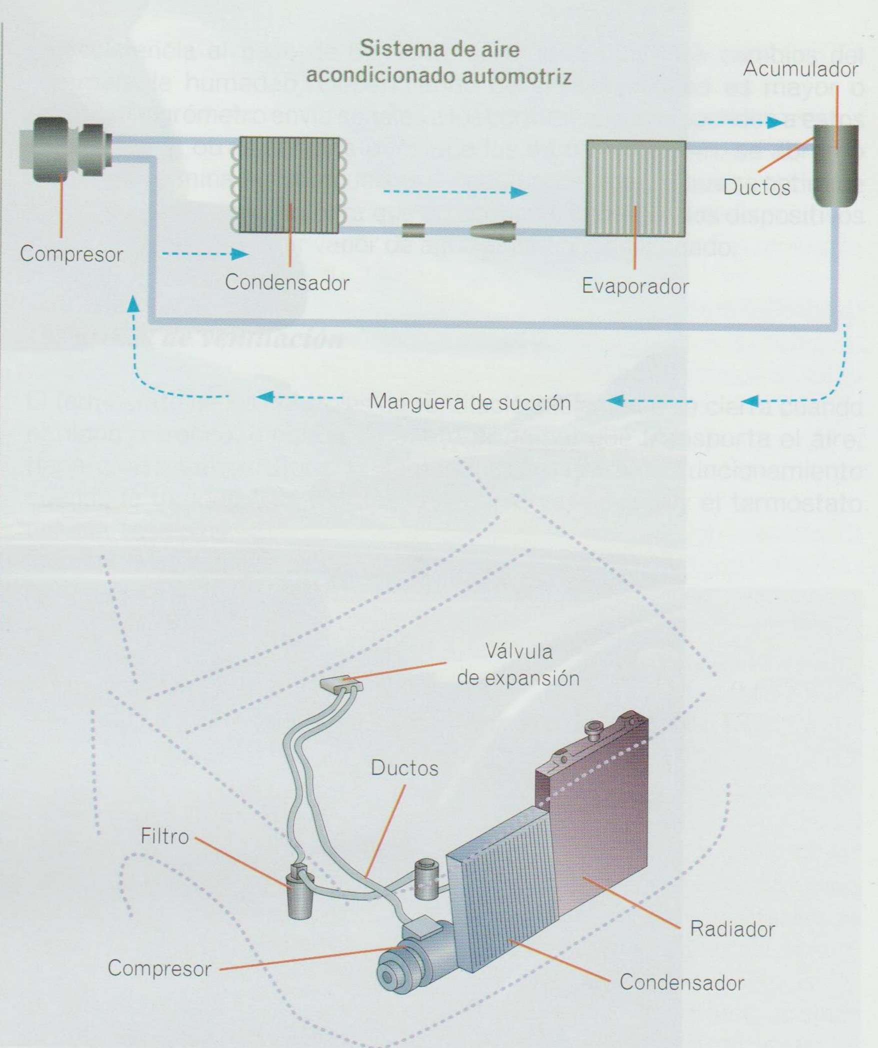
Por otra parte, la calefacción es generada por la mezcla de agua y anticongelante que circula por el motor y el radiador del automóvil.

PARTES DEL SISTEMA

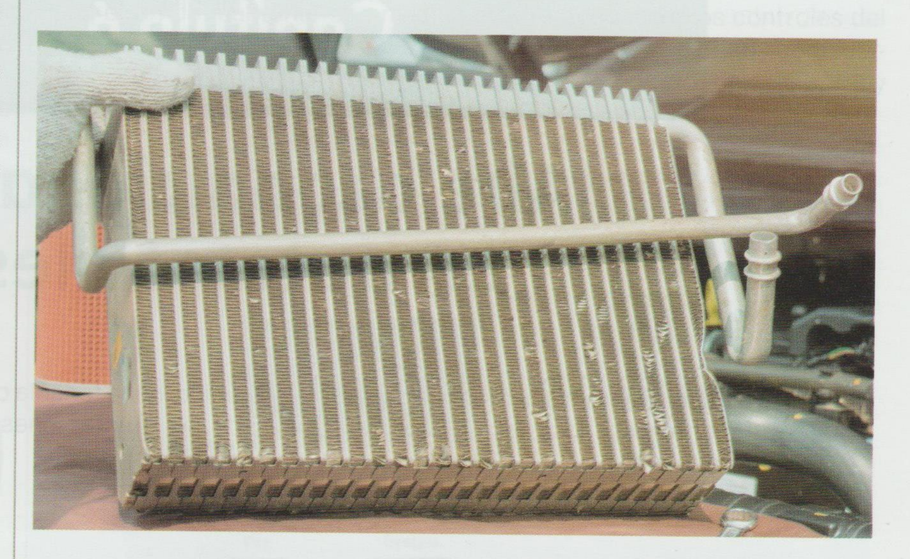
Este sistema de aire acondicionado consta de un compresor, un condensador, un deshidratador, un evaporador, un acumulador, líneas de refrigerante, un calefactor, ventiladores, ductos, y mecanismos e interruptores de control manuales y automáticos.

El compresor se encuentra instalado cerca del radiador y se conecta al motor mediante una banda; de esta manera, recibe el refrigerante en forma de vapor por el lado de baja presión y lo envía al condensador a alta presión.

Para que el condensador pueda disipar el calor con mayor facilidad, se monta frente al radiador o junto a éste. Allí es donde recibe aire fresco directamente del exterior cuando el vehículo avanza.



Al salir del condensador, el líquido refrigerante pasa a un desecador o deshidratador, que lo filtra y seca, para entrar a la válvula de expansión y luego al evaporador.



En el evaporador, el refrigerante se vaporiza absorbiendo el calor del aire que pasa por el ducto de aire principal, también llamado pleno, y sale más caliente por la línea de succión a través del acumulador hacia el compresor.

El sistema de calefacción también se encuentra dentro del pleno o ducto principal. Es un pequeño intercambiador de calor que está conectado al circuito de enfriamiento del automóvil, y utiliza el anticongelante que circula por el motor como fuente de calor.

De esta manera, tanto el sistema de calefacción como el de refrigeración usan el mismo ventilador que impulsa el aire dentro del pleno, poniéndolo en contacto con los intercambiadores de calor de ambos sistemas antes de enviarlo al interior del vehículo a través de los ductos.

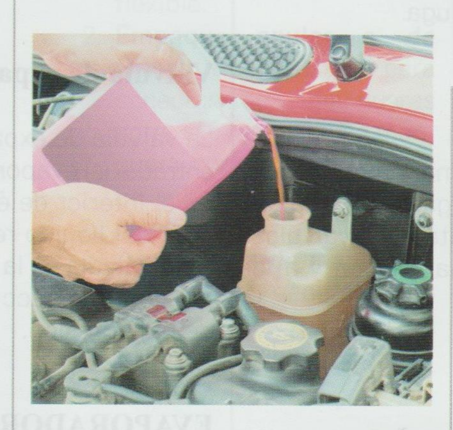
CAPACIDAD DE ENFRIAMIENTO

Dado que el compresor opera mediante la energía del motor del automóvil, los cambios de las velocidades del motor afectarán su velocidad. Por consiguiente, si el vehículo se encuentra detenido, la velocidad del compresor será mínima, pero debe ser suficiente para enfriar el interior del automóvil cuando la temperatura exterior sea alta. Esta condición hace que la capacidad del compresor sea excesiva cuando el auto viaja a una velocidad constante.

La capacidad del equipo de aire acondicionado debe corresponder al tamaño del vehículo, ya que, si es menor, no será suficiente, y si es mayor, ocasionará un gasto excesivo. Lo conveniente es que el equipo tenga una capacidad de enfriamiento de entre 9 y 12 °C por debajo de la temperatura ambiente exterior cuando el automóvil viaje a una velocidad de 50 km.

REFRIGERANTE

Actualmente los sistemas de refrigeración del aire acondicionado para automóvil utilizan el refrigerante R134, compuesto conocido como hidrogenofluorocarbono o HFC, que sustituyó al R12 utilizado antiguamente, porque al no contener cloro no daña la capa de ozono. El HFC tiene baja toxicidad, evapora a -26.3 °C a presión atmosférica y, al igual que el R12, no es inflamable en condiciones normales.



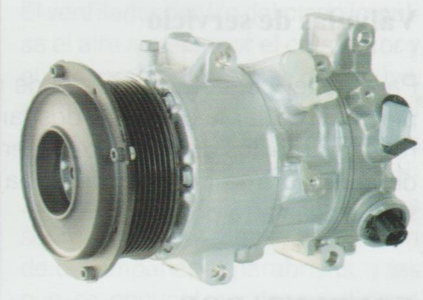
El R134 es compatible sólo con aceites sintéticos de glicol polialcalino o PAG (*Polyalkylene Glycol*, por sus siglas en inglés); no se puede combinar con agua, porque produce ácido fluorhídrico, que es un fuerte agente de oxidación; tiene mayor posibilidad de fuga, porque su tamaño de molécula es menor que el del R12, pero en caso de fuga, su tiempo de permanencia en la atmósfera es de alrededor de 15 años, mucho menos comparado con los 120 años que dura el R12.

COMPRESOR

Los distintos modelos de compresor que se encuentran en el mercado operan con pistones como en un motor de combustión interna. Los más comunes son de dos, cinco o seis cilindros.

Al ser accionado por el motor del automóvil, el compresor le agrega carga al motor y le resta potencia, sobre todo si éste es pequeño. Para evitar que la potencia disminuya en forma continua, el compresor está equipado con un *clutch* o embrague magnético, el cual permite que el auto avance con el compresor desconectado.





El *clutch* acciona un mecanismo que acopla (junta) y desacopla (separa) la polea de la banda del compresor con la polea del cigüeñal del motor; en otras palabras, mediante una corriente eléctrica que pasa por una bobina se genera un electroimán que fuerza el disco del *clutch* contra el disco de la polea para que el compresor comience a trabajar. Al eliminar la corriente, la polea se separa del *clutch*, con lo cual libera al motor de la carga del compresor, el cual se detiene.

Algunos vehículos utilizan un interruptor de aceleración que desacopla el compresor cuando se necesita una aceleración alta, como cuando se rebasa a otro auto en una subida o al entrar en una autopista. Mientras se pisa el acelerador hasta el fondo, un interruptor abre el circuito que desconecta el *clutch* por unos momentos, a fin de que el vehículo tenga toda su potencia sin la carga adicional del compresor. Una vez que cede la presión sobre el acelerador, se reactiva el electroimán y se acopla de nuevo el compresor.

Algunos sistemas también cuentan con un mofle para evitar la transmisión de ruido del compresor hacia el interior del automóvil.

Interruptores

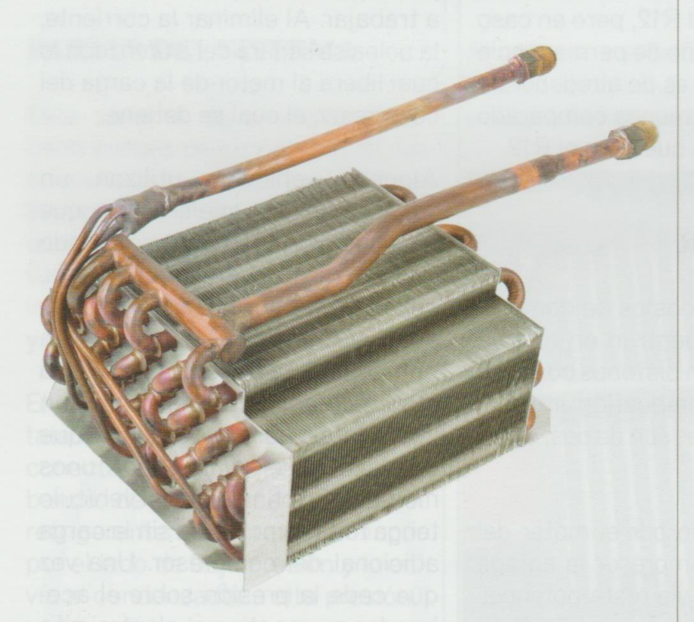
El compresor tiene dos interruptores: el interruptor de alta presión, que va montado en su interior y corta el *clutch* cuando la presión del vapor refrigerante sobrepasa un límite predeterminado; y el interruptor de baja presión, instalado en el acumulador, a la salida del evaporador, que detiene el compresor para que no se dañe en caso de que disminuya la carga de refrigerante a causa de alguna fuga.

Válvulas de servicio

Para poder conectar un juego de manómetros que permita revisar la presión y descargar o recargar el refrigerante, los compresores cuentan con válvulas de servicio a la entrada de la baja presión y a la salida de la alta presión.

CONDENSADOR

El condensador del aire acondicionado se sitúa frente al radiador o a un lado de éste, en la parte frontal del vehículo, el cual está hecho de un serpentín de tubo de cobre o aluminio, con aletas para disipar el calor con el aire que entra desde el exterior con el movimiento del auto y mediante un ventilador accionado por una banda conectada al motor, que arroja aire cuando el vehículo comienza a sobrecalentarse.



Para que la vibración y el ruido del compresor no se transmitan al condensador ni se produzcan vibraciones excesivas por amplificación que podrían dañar las conexiones, se coloca un absorbedor de vibración o una línea de conducción flexible en la descarga del compresor.

Desecador

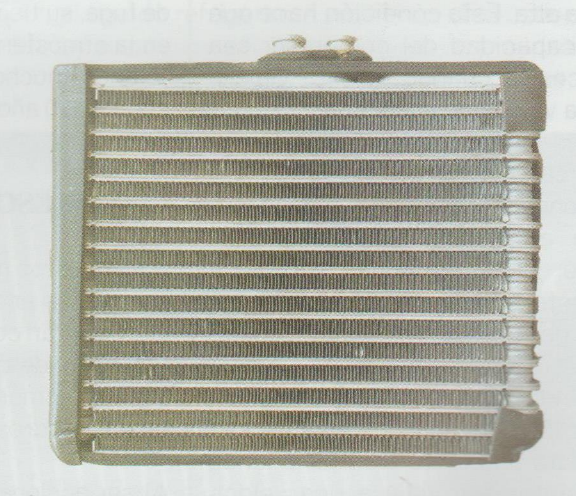
A la salida del condensador, algunos sistemas cuentan con un receptor cuyas funciones son recibir, filtrar y desecar (deshumidificar) el refrigerante, además de asegurar una columna continua y permanente de refrigerante en la válvula de expansión termostática. La columna de refrigerante puede observarse a través de una ventana de cristal en el cuerpo del desecador.

Válvula de expansión termostática

La válvula de expansión termostática se ubica a la entrada del evaporador y es la encargada de regular, en el interior de éste, según los requerimientos, el flujo del líquido refrigerante en forma automática. Esta válvula es la que divide en el sistema de compresión a la sección de alta presión de la sección de baja presión.

EVAPORADOR

El evaporador es también un serpentín o un intercambiador de calor con aletas, que generalmente se encuentra bajo el cofre y el tablero del automóvil, dentro del pleno del aire acondicionado. Recibe el refrigerante de la válvula de expansión y, después de que el refrigerante absorbe el calor del aire que circula por el pleno, lo devuelve a través de una línea o ducto de succión, que pasa por el acumulador antes de regresar al compresor.



ACUMULADOR

El acumulador es un pequeño tanque de aluminio que permite sólo la circulación del vapor y evita el paso de refrigerante líquido, que podría dañar al compresor. En su interior cuenta con un secante para absorber la humedad y un filtro para retener las impurezas.

VÁLVULA DE SUCCIÓN

Para evitar que la humedad se condense y se congele al pasar sobre el evaporador, algunos equipos incluyen una válvula de succión que evita que la temperatura disminuya hasta el punto de congelación.

LÍNEAS DEL REFRIGERANTE

En un sistema de aire acondicionado para automóviles, las líneas o tuberías por las que fluye el refrigerante deben ser resistentes, flexibles y a prueba de vibraciones, para evitar algún desgaste en caso de que se dé un rozamiento constante.



Para tener una mayor protección ante posibles daños, dichas mangueras son de cobre o aluminio flexible o están cubiertas por una trenza de alambres de acero. Deben colocarse curvadas y con dobleces amplios para que la circulación sea fluida, y para que queden sin restricciones.

Deben estar bien sujetas para evitar vibraciones, además de roces o fricciones con partes del motor.

Conexiones

Hay tres tipos diferentes de conexiones para unir las líneas:

1. **Doble avellanado con conexión de bronce.** Se utiliza para instalaciones y conexiones de tubo de cobre flexible.
2. **Empaque anular o de O-ring.** Puede usarse para conectar dos mangueras entre sí o también una manguera con un tubo flexible. Se sellan con un empaque de hule en forma de anillo.
3. **Abrazadera de manguera.** Se emplea generalmente para unir una manguera a un tubo flexible de menor diámetro.

CALEFACTOR

El calefactor es un pequeño intercambiador de calor o radiador con aletas que, al igual que el evaporador, se encuentra dentro del pleno, de modo que ambos pueden utilizar el mismo ventilador para impulsar el aire frío o caliente al interior del vehículo.

Los ductos del calefactor están conectados al circuito de enfriamiento del coche. Al accionar la calefacción, el ducto de entrada recibe el anticongelante que ha circulado por el motor y lo hace pasar por el serpentín del intercambiador.

Después de transferir su calor al aire que circula por el pleno, el anticongelante fluye hacia el radiador y entra de nuevo al sistema de enfriamiento del motor.

DUCTOS

La distribución del aire acondicionado se lleva a cabo por medio de tuberías o ductos, ventilas y compuertas, que suelen ser de metal delgado o de plástico.

Los ductos del pleno son, por un lado, las tomas de aire y, por el otro, las salidas al interior del vehículo. La toma de aire fresco, la cual se ubica por lo general en las ventilas del cofre o en las aberturas de los limpiadores, y la toma de aire de retorno, que por lo común se encuentra bajo el tablero, se dirigen por un costado del pleno hacia el ventilador.

El ventilador dentro del pleno impulsa el aire a pasar por el calefactor y el evaporador. De ahí se distribuye, a través de los ductos de salida del pleno, hacia las rejillas colocadas al frente del tablero para climatizar la cabina. Las rejillas ubicadas sobre el tablero tienen la función de desempañar el parabrisas, y las que se encuentran debajo dirigen el aire acondicionado a los pies.



El flujo de aire se controla mediante compuertas, ya sean manuales o motorizadas. Las primeras funcionan mediante cables que las abren y las cierran al accionar manualmente las palancas y manijas. Las motorizadas son accionadas también por cables y palancas controlados por servomotores eléctricos, que los mueven directamente o con sistemas neumáticos.

Los servomotores, también llamados servos, son aparatos parecidos a un motor de corriente continua que puede ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación y mantenerse estable en esa posición.

CIRCUITOS ELÉCTRICOS

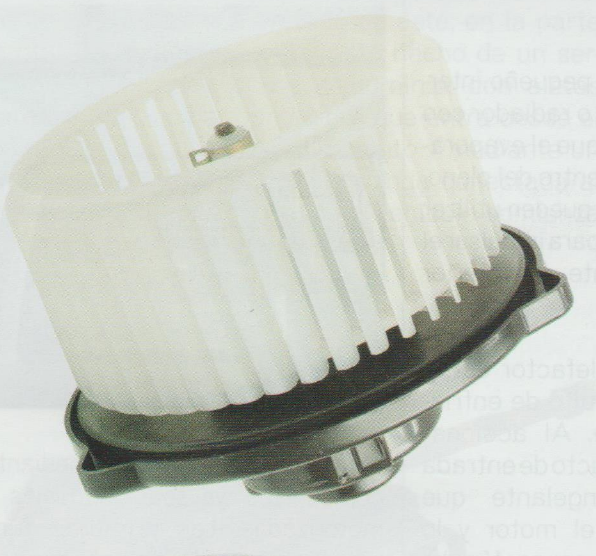
Los circuitos eléctricos del aire acondicionado de un automóvil hacen funcionar el ventilador, los servomotores, el *clutch* o embrague magnético y, en caso de haberlos, los sensores electrónicos y la unidad electrónica de control.

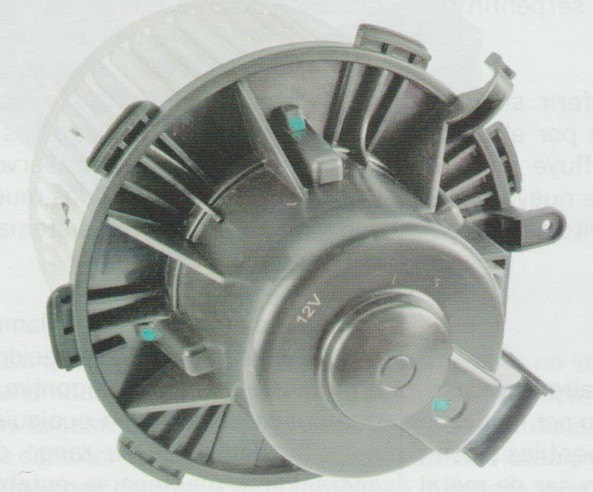
El sistema se alimenta de la energía de la batería o el alternador del vehículo y requiere 12 volts para su funcionamiento.

El ventilador que produce la circulación del aire suele ser radial (llamado también centrífugo o de caja de ardilla) y tener varias velocidades.

Su funcionamiento depende de un motor de corriente directa, el cual va montado sobre soportes flexibles que ayudan a reducir el ruido o la vibración.

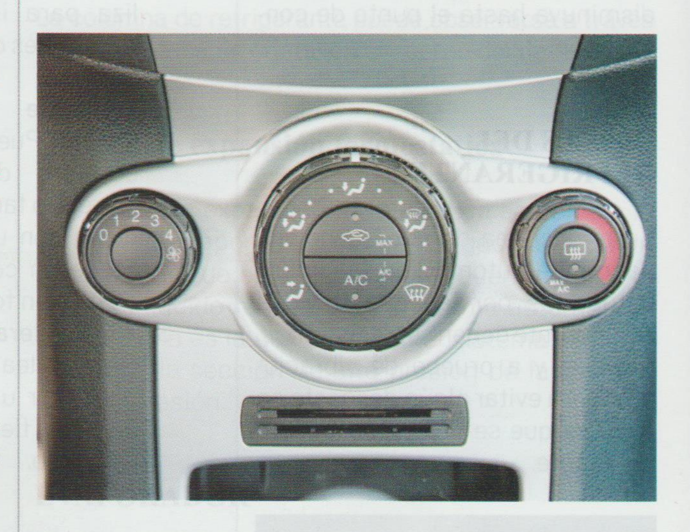
Aquí el ruido del aire al pasar con alta velocidad no importa, contrario a lo que sucede con los sistemas domésticos.





SISTEMAS DE CONTROL

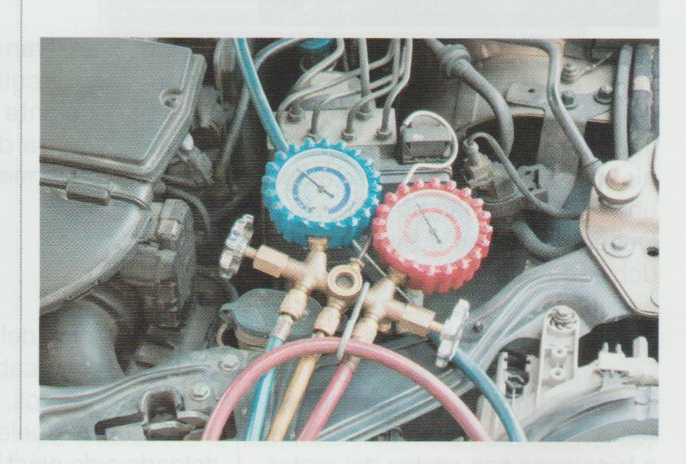
Un aire acondicionado para automóvil se puede controlar en modo manual o electrónico. Los sistemas manuales se encuentran en el panel de control del tablero y son operados mediante interruptores y manijas por el conductor del vehículo o los pasajeros.

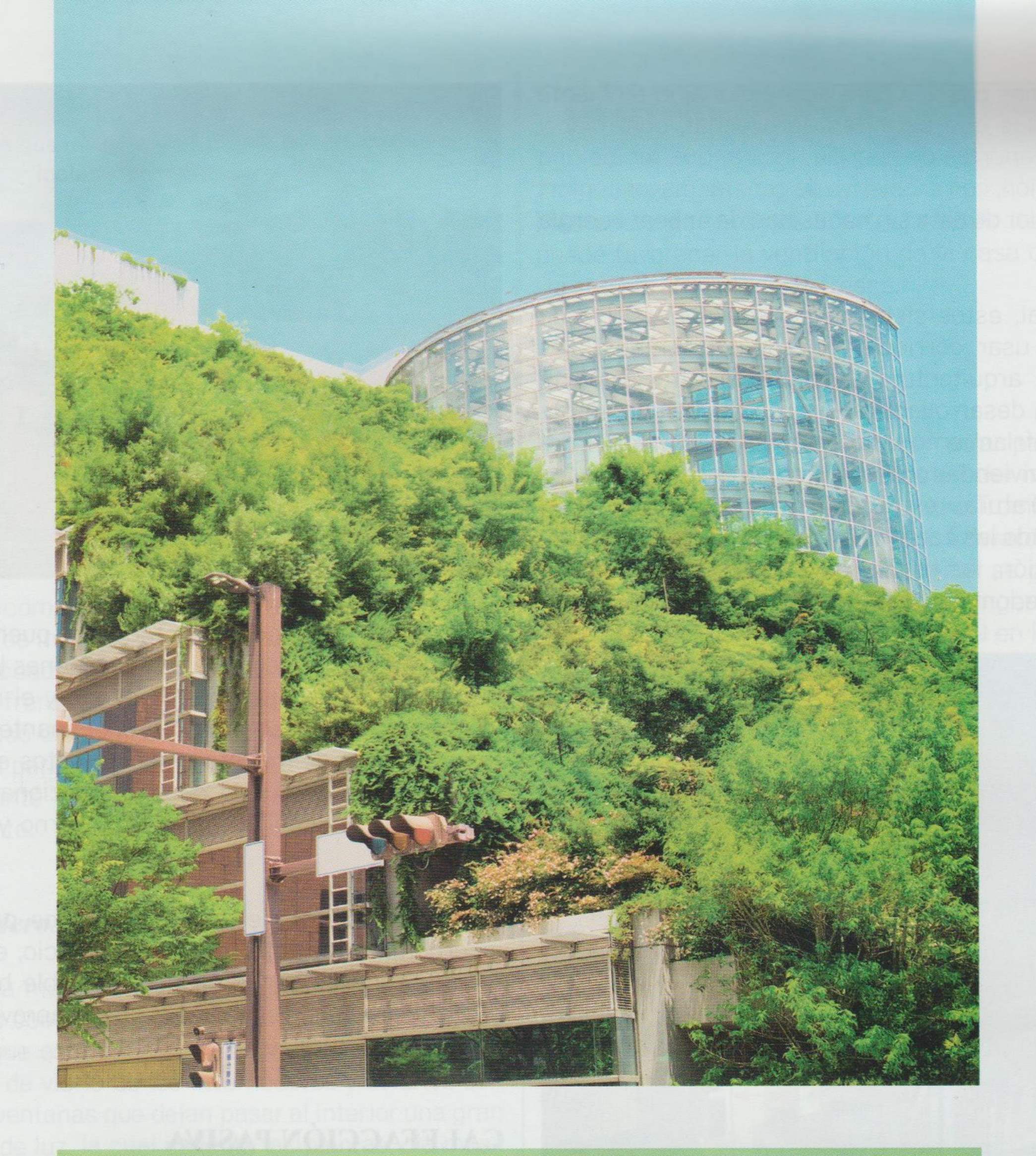


En cambio, los sistemas electrónicos cuentan con una computadora que se encarga de vigilar y controlar los ciclos de operación del compresor, la velocidad del ventilador, la posición de las compuertas y los sensores de temperatura. Además, cuentan con un sistema electrónico de diagnóstico, cuya ventaja es facilitar la ubicación de fallas en el equipo.

SERVICIO

Las herramientas y los materiales que se requieren para dar servicio a un equipo de aire acondicionado para automóvil, así como los principios para hacerlo, son similares a los de un sistema de refrigeración doméstico o comercial o un sistema de enfriamiento por compresión, como los que se trataron en el capítulo 3, "Sistemas enfriadores", de este manual.





Capítulo 7

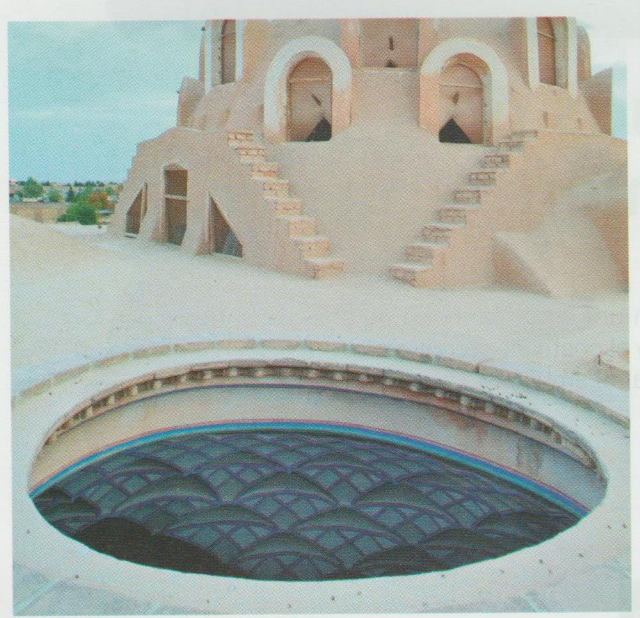
Sistemas de acondicionamiento pasivo

Los sistemas de aire acondicionado consumen una gran cantidad de energía al funcionar. Una manera de reducir el consumo energético y el costo elevado que ello implica consiste en implementar métodos pasivos para acondicionar el ambiente.

Los sistemas pasivos para acondicionar el ambiente son aquellos que permiten aprovechar, controlar y dirigir los aportes de energía natural que recibe una construcción, con el objetivo de generar mayor confort en el interior de ésta sin necesidad de aplicar energía extra.

En general, estos sistemas no son nuevos. Desde antes de usar corriente eléctrica o combustibles fósiles, la arquitectura regional de cada zona climática ha desarrollado, a lo largo del tiempo, métodos de enfriamiento y calentamiento pasivos. Para hacer las viviendas confortables durante los periodos de temperaturas extremas, se han considerado y aprovechado las características de los materiales de construcción, las horas de insolación y sombra, los vientos predominantes y las fuentes de agua.







Por ejemplo, la correcta orientación de puertas y ventanas, tomando en cuenta las condiciones locales de inclinación del sol durante el verano y el invierno y la dirección de los vientos predominantes, permite aprovechar de manera eficiente estos elementos abundantes y gratuitos para acondicionar un ambiente, proporcionando calor en invierno y frescura en verano.

Aunque es preferible que los métodos pasivos se incorporen a los edificios desde el inicio, en la fase del diseño, en algunos casos es posible hacer modificaciones a la construcción para aprovechar los beneficios naturales.

CALEFACCIÓN PASIVA

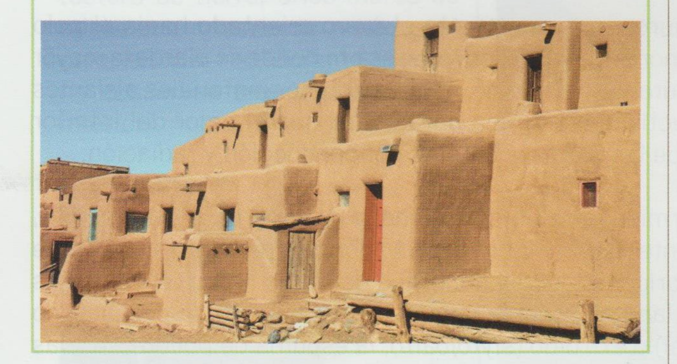
Captación solar y masa térmica

Para calentar una vivienda durante los meses más fríos debe captarse la mayor cantidad de radiación solar y además debe evitarse la pérdida de calor hacia el exterior. La captación de energía solar puede ser:

- **Directa**. Permite la entrada de la radiación a través de las ventanas.
- **Indirecta**. Capta la radiación con colectores y la lleva al interior mediante corrientes de convección sin necesidad de ventiladores.

Las ventanas orientadas hacia el ecuador (hacia el sur, en México) permiten la entrada directa de luz durante los días fríos en invierno. Por consiguiente, los materiales de construcción se calientan y, dependiendo de su masa térmica, absorben cierta cantidad de calor y lo despiden lentamente durante la noche para calentar el ambiente interior según la velocidad que tengan para absorber y disipar el calor.

Los muros de agua o de adobe tienen una mayor masa térmica que los delgados muros prefabricados o incluso los muros de ladrillo.

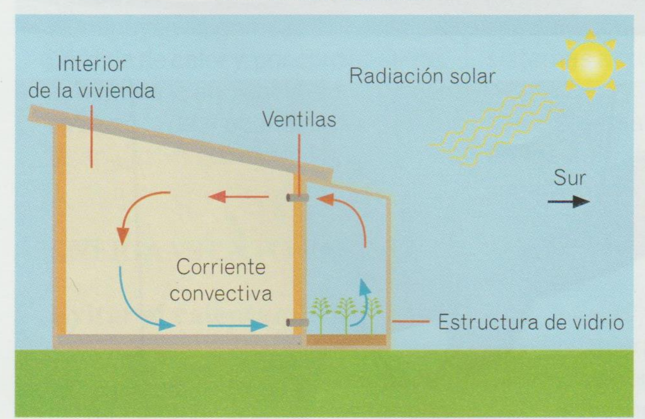


Lo más recomendable para captar la radiación solar en época de invierno es colocar ventanas orientadas hacia el ecuador, de piso a techo o lo más grande que se pueda, frente a pisos y muros de elevada masa térmica. El uso de cortinas o persianas térmicas ayuda a evitar la pérdida de calor por la noche y a bloquear parcialmente la entrada de luz en caso de sobrecalentamiento.

Invernaderos adosados

Una forma muy eficiente de aprovechar la radiación directa es construir un invernadero o solario adosado al muro que esté orientado hacia el ecuador. Las estructuras de vidrio de los invernaderos y solarios son enormes ventanas que dejan pasar al interior una gran cantidad de luz, la cual calienta las plantas y la masa térmica del piso y el muro.

Invernadero adosado



Con un sistema de ventilas con compuertas en las partes superior e inferior del muro pueden generarse corrientes convectivas que transporten la energía calorífica al interior de la vivienda durante los días de invierno. Si se cierran las compuertas durante la noche, se crea un colchón de aire que evita el enfriamiento.

Las corrientes convectivas, como se ha dicho, hacen circular el aire hacia arriba y hacia dentro de la casa.

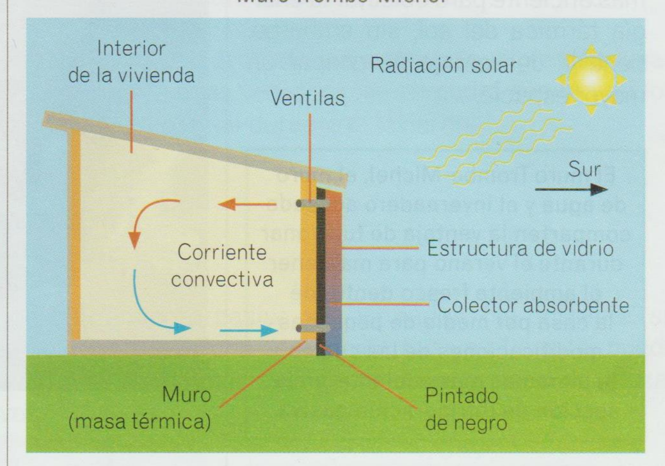
Más adelante veremos cómo el mismo invernadero puede favorecer la ventilación de la casa durante el verano para mantenerla fresca.

Muro Trombe-Michel

Un método indirecto de captación solar pasiva para calentar ambientes es la utilización del muro solar ventilado, comúnmente llamado muro Trombe-Michel. Esta solución fue patentada por Edward Morse a finales del siglo XIX y posteriormente se popularizó con algunas modificaciones por el ingeniero Félix Trombe y el arquitecto Jacques Michel en Francia.

El método consiste en convertir el muro de la vivienda orientado hacia el ecuador en un colector solar. De preferencia, el muro que se quiera utilizar como captador de radiación solar se debe pintar de negro o de un color oscuro para maximizar la absorción.

Muro Trombe-Michel



Después se coloca una caja de vidrio como una ventana a unos 15 o 20 cm frente al área pintada del muro. El perímetro debe estar bien sellado. Esta caja genera un colector con una superficie absorbente.

Durante el día, los rayos de sol que atraviesan el vidrio calientan la masa térmica del muro. De esta manera, cuando el sol pega en el colector, el aire se calienta mucho más rápido porque el calor no puede escapar.

El aire atrapado sube hacia una serie de ductos que lo transportan al interior de la vivienda, generando una corriente convectiva, la cual, a su vez, succiona el aire frío del interior de la vivienda por medio de unos ductos colocados en la parte inferior del muro. El ciclo de calor continúa mientras el colector siga recibiendo radiación solar.

Durante la noche, para que la habitación no se enfríe, los ductos (de arriba y de abajo) deben cerrarse mediante rejillas o compuertas. Entonces el colector se convierte en una especie de colchón de aire.

Al quedar atrapado el aire y sin movilidad dentro del colector, se crea un área que aísla al muro caliente del frío de la noche. Por tanto, el muro conserva el calor absorbido, induce una mayor irradiación de calor hacia el interior y continúa así el calentamiento de la casa incluso durante la noche.

Siguiendo el mismo principio, pero sustituyendo la masa térmica del muro por contenedores de acero llenos con agua, se construye un sistema denominado muro de agua o *drumwall*, como lo llamó su inventor, Steve Baer. Este muro resulta más eficiente para colectar la energía térmica del sol, sin embargo, tiene la desventaja de ocupar un mayor espacio.

El muro Trombe-Michel, el muro de agua y el invernadero adosado comparten la ventaja de funcionar durante el verano para mantener el ambiente fresco dentro de la casa por medio de pequeñas modificaciones de las cuales hablaremos más adelante, en la sección de refrigeración pasiva.

Los colectores solares de aire que se mencionaron en capítulos anteriores pueden trabajar de manera similar al muro Trombe-Michel y sin necesidad de ventiladores si se colocan verticalmente frente a los muros orientados hacia el ecuador. Así se convierten en sistemas pasivos de calefacción.

Aislamiento térmico

El aislamiento de la vivienda es de suma importancia para maximizar la eficiencia de cualquier sistema de acondicionamiento ambiental. De hecho, el aislamiento térmico puede considerarse un sistema pasivo, puesto que favorece la conservación de la temperatura de confort sin necesidad de consumir energía.

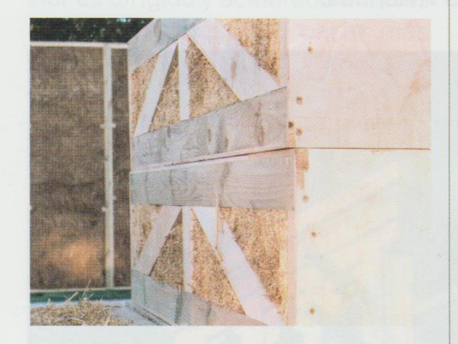
El techo y los muros, principalmente el muro orientado hacia el polo más cercano (al norte para México), que es por donde se pierde la mayor parte del calor durante el invierno, deben contener materiales aislantes o de baja conductividad térmica para evitar que el calor del interior escape a través de los muros exteriores por conducción y radiación.

Los aislantes térmicos suelen ser de materiales porosos o fibrosos y, por tanto, bastante ligeros. La industria fabrica una gran variedad de ellos, ya sea de origen plástico, mineral o de fibras naturales. Los más comunes son la lana de roca, la lana de fibra de vidrio, el poliestireno expandido (unicel) o extruido (*styrofoam*), la espuma de poliuretano, las láminas de corcho y la lana de cáñamo; algunos de ellos son muy contaminantes en su fabricación.





No obstante, hay alternativas aislantes más naturales y costeables, como las pacas de paja o la arquitectura de tierra, o los muros de adobe que, además de mantener el calor en invierno, durante el verano conservan fresco el ambiente interior.



El correcto aislamiento de una vivienda incluye mantener un cierto hermetismo para evitar el intercambio no controlado de calor por medio del aire que entra o sale de ella. No debe haber rendijas y debe procurarse que todas las juntas de puertas y ventanas, así como la entrada y salida de tuberías, se encuentren selladas para impedir el paso del aire.

Utilizar cristales aislantes puede representar un gasto mayor en la instalación de ventanas, invernaderos, colectores o el mismo muro Trombe-Michel. Sin embargo, disminuyen significativamente la pérdida de calor y, por consiguiente, aumentan la eficiencia en cualquier sistema de acondicionamiento, tanto pasivo como activo.

ENFRIAMIENTO PASIVO

Evitar el calentamiento

Una forma sencilla de mantener los ambientes frescos es evitar que se calienten. Esto se logra bloqueando con sombras la entrada de radiación a través de puertas y ventanas, ya sea con techos y cornisas voladas o mediante toldos, emparrados, vegetación o celosías, que impidan el paso de la radiación directa al interior.



Si se toman en cuenta los ángulos de inclinación de la radiación solar local durante el invierno y el verano, puede calcularse el tamaño de techos y cornisas para que se obtenga cierta insolación que caliente durante el invierno y un sombreado suficiente durante el verano.

De igual manera, si se colocan árboles caducifolios (que pierden hojas en cierta temporada) frente a las ventanas, se obtendrá sombra en los meses cálidos e insolación parcial durante el invierno.

Enfriamiento pasivo y sumideros de calor

Los sistemas de enfriamiento pasivo son limitados. No obstante, su correcta aplicación, junto con una ventilación pasiva eficiente, puede dar soluciones óptimas de acondicionamiento sin necesidad de utilizar sistemas activos.

Los sistemas de enfriamiento pasivo se basan en el aprovechamiento de los sumideros de calor naturales disponibles en cada región. Los sumideros de calor son cuerpos o materiales que se encuentran a menor temperatura y, por tanto, tienen la capacidad de absorber naturalmente el calor de otros. Entre los principales sumideros naturales de calor tenemos:

- Los cuerpos de agua, gracias a la absorción de calor asociada con la evaporación.
- La bóveda celeste, que por ser esencialmente fría absorbe la radiación térmica de la Tierra, sobre todo durante las noches despejadas.
- El subsuelo, que a una profundidad de alrededor de 3 m tiene una temperatura casi constante de entre 10 y 16 °C, dependiendo de la situación geográfica.
- El viento nocturno más frío, en especial en las zonas con grandes diferencias de temperatura entre el día y la noche, por su capacidad de transportar el calor extraído de la masa térmica de los materiales.

Enfriamiento por evaporación

En zonas de baja humedad relativa, el enfriamiento por evaporación puede ser muy efectivo para disminuir la temperatura en un ambiente. Se pueden utilizar pequeños cuerpos de agua, como fuentes y estanques interiores, para bajar la temperatura de un inmueble, especialmente si están expuestos a corrientes de aire entrante.

Patios interiores

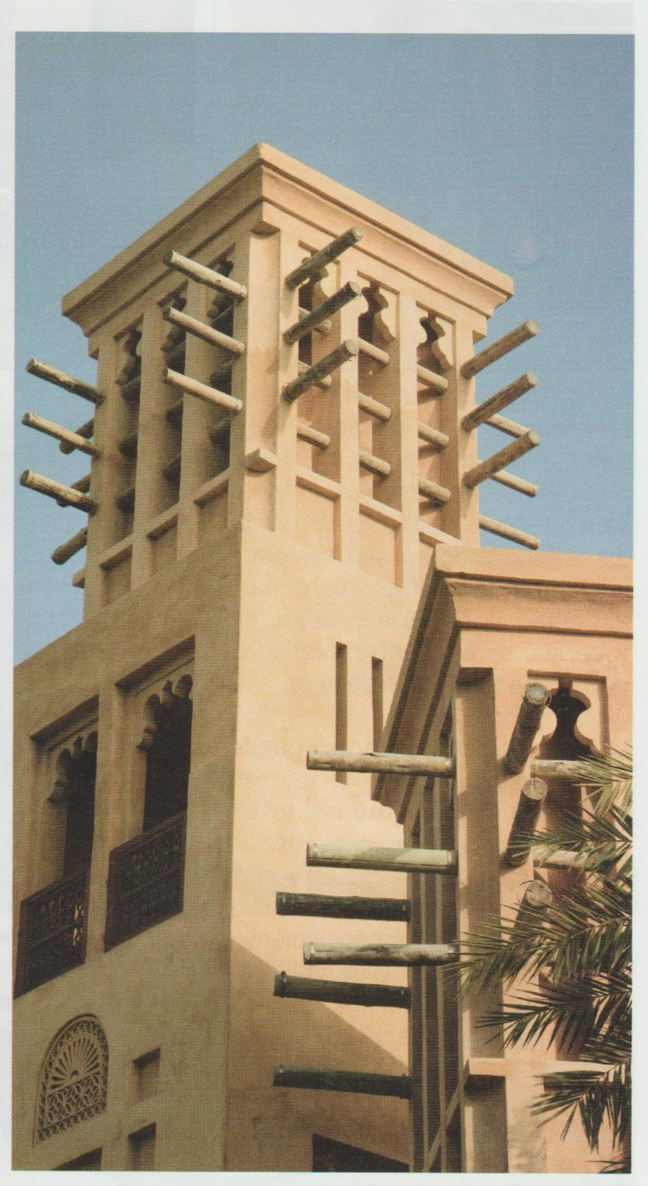
Una forma muy efectiva de refrescar un ambiente es mediante patios interiores que tengan un cuerpo de agua y vegetación. Durante la noche, los patios interiores se enfrían y atrapan un volumen de aire frío, y como están rodeados por el edificio, el aire fresco no puede escapar hacia arriba por ser más pesado, así que entra a las habitaciones desde el patio a través de las ventanas, con lo cual enfría su interior.



Durante la mayor parte del día, los patios interiores están sombreados y frescos y, durante las pocas horas que reciben la luz solar, el cuerpo de agua aumenta su evaporación absorbiendo parte del calor. Las plantas sombrean el suelo y disminuyen la temperatura del aire mediante el mecanismo de evaporación de sus hojas, manteniendo la frescura en el patio, incluso en las horas más calurosas del día.

Torres de viento

Otro sistema de enfriamiento pasivo muy efectivo en climas secos y temperaturas extremas son las torres de viento, utilizadas hasta la fecha en la arquitectura del desierto en el Medio Oriente. Las torres de viento captan el aire que pasa a mayor velocidad sobre los techos de las casas para introducirlo en la parte baja de las viviendas.



Generalmente se trata de torres de planta cuadrada que se levantan entre 10 y 15 metros por encima de los techos. En la parte superior tienen entradas para el aire en todas sus caras, y en el interior muros diagonales separan la torre en cuatro cámaras, que se abren o cierran para permitir el flujo de aire según la dirección del viento.

Las torres se construyen de adobe u otro material de alta masa térmica, lo cual amortigua los gradientes de temperatura.

Durante el día, cuando el sol comienza a calentar, el material del interior de la torre se encuentra frío y va absorbiendo parte del calor del aire que entra, con esto refresca el interior de la casa.

El aire que entra por la parte superior es dirigido y acelerado a través de la torre hasta la parte más baja de la casa, generalmente una habitación subterránea, y es impulsado por las diferencias de presión que genera la salida del aire caliente por el lado opuesto de la torre.

En la parte baja de la casa, el aire que entra se enfría aún más al contacto con las paredes subterráneas frías, y se estratifica acumulándose en la parte más baja y empujando el aire más caliente hacia fuera por el lado opuesto de la torre.

Para refrescar más el aire durante el día en climas secos, suele combinarse la torre de viento con una fuente de humedad en el paso del aire al interior de la vivienda. De esta manera, el viento arrastra parte del agua humidificando el aire y bajando su temperatura, gracias a la evaporación que requiere la absorción de calor.

La fuente de humedad puede ser un cuerpo de agua, como un estanque, aljibe o fuente interior, vasijas de barro llenas de agua o telas humedecidas colgadas en el paso del aire.

La utilización de una fuente de humedad no se recomienda en climas húmedos, puesto que la disminución de la temperatura del aire húmedo será muy poca y las paredes de la torre pueden llenarse de microorganismos y hongos nocivos para la salud.

Durante la noche, el aire frío que entra por la torre absorbe parte del calor de sus paredes, calentándose ligeramente antes de entrar en la casa.

Chimenea solar

Otro sistema que aprovecha la radiación solar para refrescar es la llamada chimenea solar. Básicamente se trata de una chimenea situada en la parte superior de la casa y que absorbe los rayos de sol, con lo cual calienta el aire en su interior.

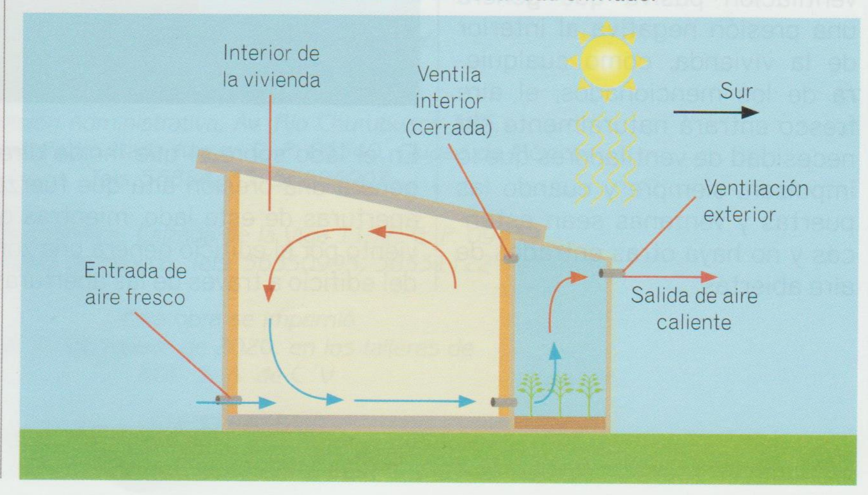


El aire caliente es más ligero que el frío, por lo que tenderá a ascender por la chimenea, y generará una presión negativa al interior, llamada efecto chimenea o tiro natural. Esta presión succionará aire más frío por las aberturas inferiores de la casa y producirá así un flujo de aire fresco ascendente, el cual crecerá conforme la chimenea dirija el calor hacia arriba y afuera.

Invernadero adosado y muro Trombe-Michel

Cuando se cuenta con un muro Trombe-Michel o un invernadero adosado, éstos pueden funcionar de la misma manera que las chimeneas solares, favoreciendo la circulación del aire fresco a través de la casa mediante el cierre y la apertura de diferentes compuertas; para esto se requiere que el muro o el invernadero tenga una salida de ventilación por la parte más alta y que la habitación tenga una entrada de aire fresco, de preferencia en la pared opuesta.

Invernadero adosado. Modalidad enfriador



Cerrando la compuerta interior superior del muro o invernadero, el aire caliente asciende y sale por la ventilación exterior, con lo cual se crea una presión negativa dentro de la casa que succiona el aire fresco del exterior.

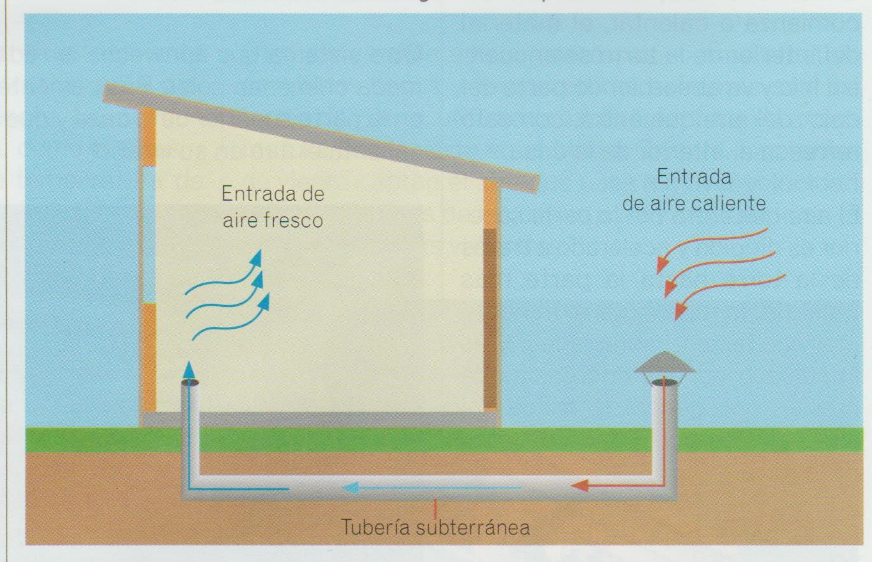
Enfriamiento geotérmico pasivo

Para disminuir la temperatura del aire que entra a un edificio, se puede aprovechar también la inercia térmica del suelo o de un cuerpo de agua cercano. Para ello se colocan tuberías subterráneas de ventilación de entre 15 y 25 cm de diámetro a una profundidad de entre 1.5 y 2 m, en donde el aire caliente del exterior que pasa por las tuberías se va enfriando por contacto con el subsuelo antes de entrar en la casa.

Este sistema requiere una extensión de terreno para tender la tubería lo suficiente, y permitir un enfriamiento efectivo, ya que las tuberías deben ser lo más rectas posible y los codos de diámetros mínimos de 70 cm para no frenar el flujo del aire. En las puntas deben llevar malla para detener la entrada de animales, y en el extremo exterior una cubierta o sombrerete para impedir la entrada de agua.

Si se cuenta con un sistema de ventilación pasiva que genere una presión negativa al interior de la vivienda, como cualquiera de los mencionados, el aire fresco entrará naturalmente sin necesidad de ventiladores que lo impulsen, siempre y cuando las puertas y ventanas sean estancas y no haya otras entradas de aire abiertas.

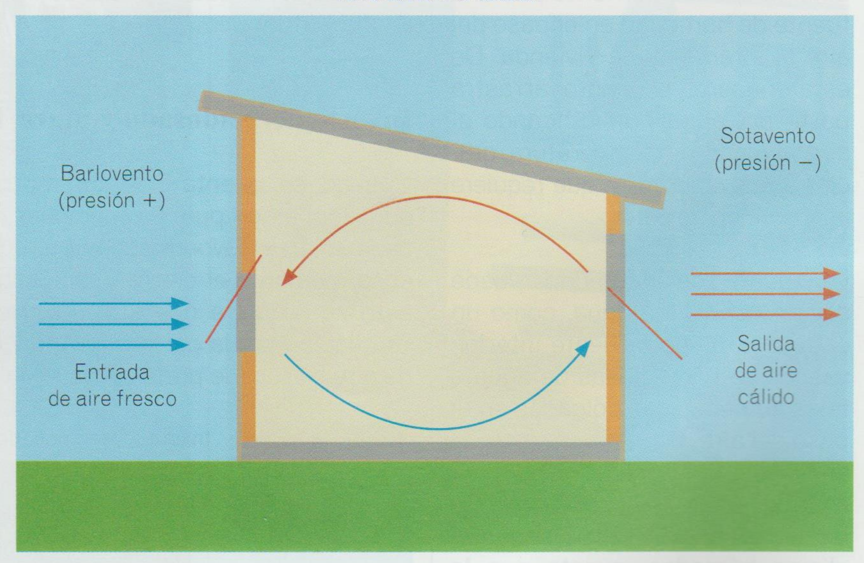
Enfriamiento geotérmico pasivo



Ventilación cruzada

Aprovechar los vientos predominantes en la zona permite ventilar un inmueble de manera constante y efectiva para mantenerlo fresco. La ventilación cruzada es la forma más efectiva de ventilación pasiva y consiste básicamente en aprovechar las diferencias de presión que genera el viento entre dos lados opuestos de un edificio.

Ventilación cruzada



En el lado sobre el que incide directamente el viento (barlovento) se genera una presión alta que fuerza al aire a entrar al edificio por las aperturas de este lado, mientras que, en el lado opuesto, el paso del viento por el edificio genera una zona de baja presión que extrae el aire del edificio a través de las aperturas en este otro muro (sotavento).

La publicación de esta obra la realizó
Editorial Trillas, S. A. de C. V.

División Administrativa, Av. Río Churubusco 385,
Col. General. Pedro María Anaya, C. P. 03340, Ciudad de México
Tels. 56884233, 56884007

División Logística, Calzada de la Viga 1132, C. P. 09439
Ciudad de México, Tels. 56330995, 56331122

Esta obra se imprimió
el 31 de agosto de 2020, en los talleres de
RDC, S. A. de C. V.

EM 90 RASS



AGRICULTURA Y GANADERÍA

Manual de apicultura
Manual de avicultura
Manual de cría y manejo de borregos
Manual de fertilización y productividad del suelo agrícola
Manual de fruticultura
Manual de horticultura
Manual de invernaderos agrícolas
Manual de maquinaria agrícola y labranza de la tierra
Manual de pasturas
Manual de plagas y enfermedades agrícolas
Manual de porcicultura
Manual de viverismo. Horticultura ornamental
Manual del cultivo de chile
Manual del cultivo del maíz
Manual del cultivo del tomate
Manual del ganado bovino para carne
Manual del ganado bovino para leche
Manual del ganado caprino
Manual del riego agrícola

ALBAÑILERÍA Y CONSTRUCCIÓN

Manual de albañilería y autoconstrucción I
Manual de albañilería y autoconstrucción II
Manual de albañilería y autoconstrucción III
Manual de diseño y construcción de albercas
Manual de pisos
Manual de puertas
Manual de ventanas
Manual del maestro de obra
Manual del residente de obra

TRABAJOS CON MADERA

Manual de carpintería I. Las herramientas de mano
Manual de carpintería II. Las herramientas de banco
Manual de tallado en madera
Manual de torneado en madera

INSTALACIONES Y MANTENIMIENTO RESIDENCIALES

Manual de iluminación
Manual de impermeabilización
Manual de instalaciones de gas
Manual de instalaciones eléctricas
Manual de mantenimiento de albercas
Manual de mantenimiento de cisternas, tinacos y fosas sépticas
Manual de plomería
Manual de refrigeración
Manual de aire acondicionado
Manual del jardinero

INSTALACIONES Y MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Manual de mantenimiento eléctrico industrial

TRABAJOS CON METAL

Manual de embobinado de motores
Manual de recubrimientos metálicos
Manual básico de torno para metal
Manual de trabajo en lámina

SOLDADURA Y HERRERÍA

Manual de herrería
Manual de soldadura con arco eléctrico
Manual de soldadura con oxiacetileno

JOYERÍA

Manual de joyería

SERIGRAFÍA

Manual de serigrafía

TRABAJOS CON VIDRIO

Manual del vidrio I. Grabados y vitrales
Manual del vidrio II. Estirado y fusionado

MOLDES Y VACIADO

Manual de moldes y vaciado
Manual de moldeo de plásticos I
Manual de moldeo de plásticos II

TRABAJOS CON PIEDRA

Manual de tallado en piedra

PINTURA

Manual de barniz y pintura de muebles
Manual de pintura automotriz
Manual de pintura de casas y edificios

BICICLETAS

Manual de reparación de bicicletas

CONFECCIÓN

Manual de confección de camisas de vestir
Manual de tapicería
Manual de teñido y estampado artesanal de telas

ESTÉTICA

Manual del corte de pelo para hombre
Manual del corte de pelo para mujer
Manual de masaje
Manual de ondulado y teñido del cabello
Manual de tratamientos faciales, manicure y maquillaje
Manual del salón de belleza

ALIMENTOS

Manual de conservación de alimentos
Manual de salchichonería

RESTAURANTES Y GASTRONOMÍA

Manual de meseros y capitanes
Manual de organización de negocios de comida rápida
Manual de vinos y licores

ECONOMÍA DOMÉSTICA

Manual de arreglos florales
Manual de bodas
Manual de preparación de viajes
Manual de purificación del agua
Manual del manejo de la basura
Manual del servicio doméstico
140 maneras de ahorrar energía en casa

SUPERACIÓN PERSONAL

Guía del buen vestir para el hombre de hoy
Guía del buen vestir para la mujer de hoy
Manual de *bodybuilding*
Manual de cómo buscar trabajo y conservarlo
Manual de modales y cortesía cotidiana
Manual del emprendedor

PROFESIONES TÉCNICAS

Manual del guía de turistas
Manual del vendedor profesional

ADMINISTRACIÓN

Cálculo del punto de equilibrio

MANUAL DE AIRE ACONDICIONADO

Una guía paso a paso

Colección Cómo hacer bien y fácilmente

Esta obra le mostrará, paso a paso y de manera ilustrada, los principios generales del acondicionamiento del aire. Para tener oficinas, espacios públicos y habitaciones confortables, independientemente de las condiciones atmosféricas de cada región, es necesario contar con profesionales que no solo conozcan equipos, tipos de instalaciones y procesos de mantenimiento, sino que también comprendan los principios termodinámicos que rigen el funcionamiento de los sistemas de aire acondicionado, sean fijos o móviles. Por la calidad de sus temas, el presente manual se complementa con la obra *Manual de refrigeración*, de la misma colección.

Contenido




ISBN-978-607-17-4050-2
9 786071 740502